

DAS SCHWANKUNGSVERHALTEN
VESTIBULÄR KRANKER IN
ROMBERG-HALTUNG

Wolfram Dieter Decker

*Das
München
1986*



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554610_0077

Aus der Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkranke
der Universität München

Direktor: Prof. Dr. H. H. Naumann

DAS SCHWANKUNGSVERHALTEN VESTIBULÄR KRANKER
IN ROMBERG-HALTUNG

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Wolfram Dieter Decker

aus
Heimstetten

1985

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. H. Scherer
Mitberichterstatter: Prof. Dr. H. H. Naumann
Dekan: Prof. Dr. W. Spann
Tag der mündlichen Prüfung: 16. Januar 1986

DAS SCHWANKUNGSVERHALTEN VESTIBULÄR KRANKER IN ROMBERG-HALTUNG

1.	<u>Einführung</u>	S. 1
2.	<u>Fragestellung</u>	S. 3
3.	<u>Methodik</u>	S. 5
3.1.	Apparatur	S. 5
3.2.	Funktionsprinzip der Meßanordnung	S. 6
3.3.	Signalverarbeitung und ihre Interpretation	S. 7
3.4.	Kalibrierung der Meßapparatur	S. 8
3.5.	Untersuchungsmodalitäten	S. 10
4.	<u>Patientenquot</u>	S. 12
5.	<u>Ergebnisse</u>	S. 16
5.1.	Graphische Registrierung der Körperschwan- kungen	S. 16
5.2.	Einzelergebnisse	S. 16
5.3.	Auswertung nach Diagnosegruppen	S. 18
5.4.	Beurteilung der Patientenmeßwerte anhand von Normdiagrammen	S. 19
6.	<u>Diskussion</u>	S. 24
6.1.	Problematik wichtiger Einflußfaktoren	S. 24
6.2.	Einfluß individuell variabler Parameter	S. 25
6.3.	Bedeutung der Aufnahme von Pharmaka, Alko- hol und Nikotin	S. 26
6.4.	Inter- und intraindividuelle Variabilität	S. 26
6.5.	Auswirkung einer Kälteanästhesie beider Fußsohlen	S. 27
6.6.	Verhalten der Mittleren Schwankungs- amplitude	S. 29
6.7.	Verhalten der Schwankungespurlänge	S. 31
6.8.	Definition und Verhalten der Schwankungs- intensität	S. 33
6.9.	Verhalten der Kraftschwerpunktsverlage- rung bei Augenschluß	S. 33
6.10.	Bedeutung der visuellen Kompensation vestibulärer Erkrankungen	S. 36
6.11.	Beurteilung der diagnostischen Eignung des Verfahrens	S. 37
7.	<u>Zusammenfassung</u>	S. 40
8.	<u>Literaturverzeichnis</u>	S. 41
9.	<u>Anhang: Tabellarische Darstellung der Ein- zelergebnisse der 70 Patienten und der zu- gehörigen Normalwerte</u>	S. 50

1. Einführung

M.H. ROMBERG beobachtet Mitte des 19. Jahrhunderts an Tabikern das Phänomen, daß Augenschluß im aufrechten Stand eine deutliche Verstärkung präexistenter Körperschwankungen hervorruft (75). Den Anwendungsbereich dieses 1846 in ROMBERGs "Lehrbuch der Nervenkrankheiten des Menschen" erstmalig beschriebenen Untersuchungsverfahrens erweitert im Jahre 1910 BARANY, indem er es zur Diagnostik vestibulärer und cerebellärer Erkrankungen einsetzt (2). Die nach ROMBERG benannte Stehprüfung hat seitdem als qualitative Methode zur Beurteilung der vestibulospinalen Funktion weite Verbreitung gefunden (73).

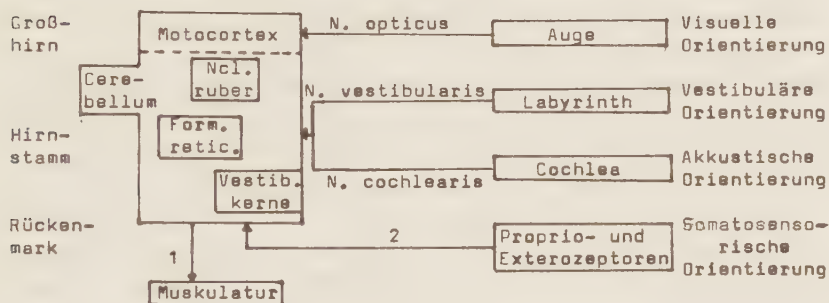
Die Bemühungen, menschliches Schwankungsverhalten im aufrechten Stand objektiv aufzuzeichnen, reichen weit ins vergangene Jahrhundert zurück. Als Erster weist VIERORDT 1860 experimentell nach, daß beim Versuch ruhig zu stehen auch gesunde Menschen ständig Körperschwankungen geringen Ausmaßes vollführen (100). Mit einfachen graphisch-mechanischen Methoden gelingt später auch MITCHEL und HINDSDALE eine quantitative Registrierung dieses Phänomens (33,57). Im Laufe der Zeit kommen Aufzeichnungstechniken unterschiedlichster Art zur Anwendung. HELLEBRANDT und andere Untersucher benutzen sog. Accelerometer zur Messung auftretender Körperbeschleunigungen (29, 50,95). Einige Autoren bringen photographische bzw. elektrostatisch-elektromagnetische Verfahren zum Einsatz (21,69,84,99). In jüngerer Zeit finden Kraftmeßplattformen weite Verbreitung, wobei HELLEBRANDT, BARON und HENRIKSON die Grundlagen erarbeiten (3,30, 31). Verschiedentlich werden auch bewegliche Varianten eingesetzt (1,7,86). BENSEL, SCOTT und DZENDOLET legen erste Frequenzanalysen des Schwankungsverhaltens gesunder Probanden vor (8,82). NASHNER und KAPTEYN entwickeln physikalisch begründete Modelle zur Erklärung experimenteller Befunde (44,61). Eine Vielzahl von Autoren beschäftigt sich mit der Bedeutung des vestibulären, proprioceptiven und optischen Systems für die Erhaltung des Gleichgewichtes im aufrechten Stand (12, 15,16,22,23,27,46,63,65,103,104,105). TAGUCHI sowie BLACK und Mitarbeiter erstellen erstmals Normalbereiche für einige Schwankungsparameter, um eine diagnostische Anwendung ihrer Methode zu ermöglichen (10,14,89). Mittlerweile existieren methodisch höchst differente Untersuchungen an Patienten mit Störungen des peripher- bzw. zentralvestibulären Systems in beträchtlicher

Zahl (11,13,20,23,40,48,55,88,96,97,98,106).

Unter variablen Bezeichnungen wie Statokinesimetrie, Stabilometrie oder Posturographie finden quantitative Verfahren zur Analyse menschlicher Körperschwankungen in Otologie, Neurologie, Orthopädie und anderen Fachgebieten heute zunehmend häufig Verwendung. Trotzdem bestehen weiterhin Zweifel am praktischen Nutzen derartiger Methoden (42,85).

2. Fragestellung

Die Erhaltung des Gleichgewichtes im aufrechten Stand erfordert einen komplexen Regulationsmechanismus, an dem eine Vielzahl informationsvermittelnder und -verarbeitender Elemente beteiligt ist (Abb. 1).



1 Motorische Efferenz via

- Tr. vestibulospinalis
- Tr. reticulospinalis
- Tr. rubrospinalis
- Tr. corticospinalis

2 Sensible Afferenz via

- Funiculus posterior
- Tr. spinothalamici
- Tr. spinocerebellares

Abb. 1 Schematische Darstellung des Gleichgewichtsregulationssystems (stark modifiziert nach (80))

Vestibuläres, visuelles, somatosensorisches und akustisches System versorgen die in Hirnstamm und Kleinhirn gelegenen Gleichgewichtszentren mit einer redundanten Fülle sich gegenseitig kontrollierender und ergänzender Afferenzen. Entsprechend der resultierenden Gesamtinformation über den Gleichgewichtszustand des Körpers nimmt das Gehirn über verschiedene Rückenmarksbahnen regulierend Einfluß auf den Tonus der an der Stützmotorik beteiligten Muskulatur von Rumpf und Extremitäten. Im Zustand physiologischer Aktivität fällt es dem gesunden Menschen daher bemerkenswert leicht, in aufrechter Stellung zu verharren. Dabei auftretende geringe Körperschwankungen um die Ruhelage sind Ausdruck der Funktion des gleichgewichtserhaltenden Regelmechanismus. Ausführliche Übersichten finden sich bei SCHERER und SCHÖNE (77,78,81).

Der komplexe Aufbau des Systems bietet auftretenden Störfaktoren eine Vielzahl möglicher Angriffspunkte. Schädigung eines Vestibu-

larorgans führt zum partiellen oder totalen Ausfall eines wichtigen Anteils der zur Orientierung notwendigen Information. Läsionen im zentralvestibulären Integrationssystem erschweren eine effektive, adäquate Verarbeitung ankommender Impulse. Schließlich können sich organische und funktionelle Veränderungen im Bereich der Halswirbelsäule über eine Kombination aus fehlerhafter somatosensorischer Afferenz und beeinträchtigter zentralvestibulärer Integration störend auswirken (77). Erkrankungen der genannten Strukturen erschweren die Einnahme der aufrechtstehenden Körperposition oder machen diese unmöglich. Der Romberg-Test in konventioneller Form hat dabei nur bei massiven Veränderungen diagnostische Aussagekraft, wobei qualitativ verstärktes Schwanken, Fallneigung oder manifestes Stürzen als pathologisch zu bewerten sind (73). Seine Sensitivität bezüglich wenig ausgeprägter oder kompensierter Störungen ist jedoch gering (74). Moderne technische Methoden können in diesem Fall zusätzliche Information erbringen (79).

Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist die quantitative Aufzeichnung der Körperschwankungen verschiedener Gruppen vestibulär Kranker mittels einer empfindlichen piezoelektrischen Registriermethode. Computergesteuerte Berechnung einiger des Schwankungsverhalten in Romberg-Haltung charakterisierender Parameter ermöglicht den Vergleich mit einem Kollektiv vestibulär gesunder Normalpersonen sowie zwischen den Patientengruppen. Die Auswirkungen einer verminderten somatosensorischen Kontrolle sollen durch Kälteanästhesie beider Fußsohlen deutlich gemacht werden. Die Bedeutung visueller Afferenzen für die Kompensation vestibulärer Defekte wird anhand der bei Augenschluß zu beobachtenden Veränderungen des Schwankungsverhaltens untersucht. Den Abschluß bildet eine zusammenfassende Beurteilung der Eignung des beschriebenen Untersuchungsverfahrens für praktische Diagnostikzwecke.

3. Methodik

3.1. Apparatur

Die Registrierung, Dokumentation und quantitative Auswertung der bei einem Probanden auftretenden Körperschwankungen erfordert einen nicht unerheblichen apparativen Aufwand (Abb. 2).

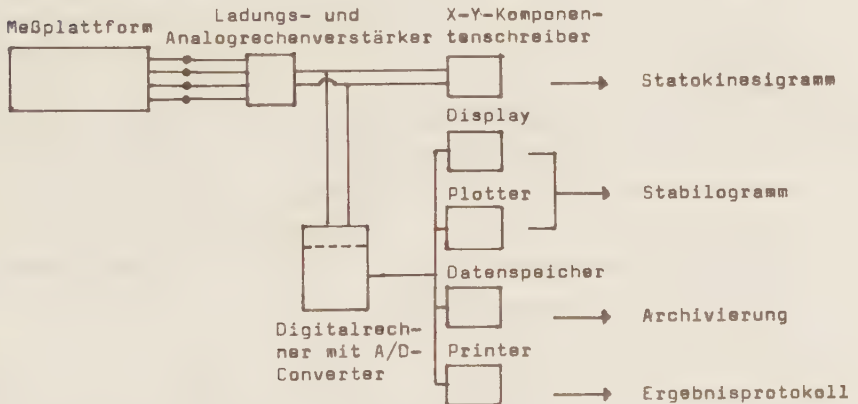


Abb. 2 Schematische Darstellung der benutzten Apparatur

Kernstück der Anlage ist eine mit vier piezoelektrischen Kraftaufnehmern bestückte Mehrkomponentenmeßplattform (Kistler 9281 A), die einwirkende Fußdruckkraft in proportionale elektrische Energie transformiert. In Kombination mit vier Ladungsverstärkern (Kistler 5001) und einem Analogrechenverstärker (Konstrukteur G. Schultheiß) lassen sich damit zwei analoge Spannungssignale generieren, die - wie im Folgenden erläutert - als quantitatives Maß der in anterior-posteriorer und lateraler Beobachtungsrichtung auftretenden Körperschwankungen Verwendung finden. Ein X-Y-Koordinatenschreiber (YEW 3036X) liefert eine graphische Darstellung dieser Signale. Während beide einem Digitalrechner (Intertechnique IN 110) zugeführt werden, läßt sich ihr Zeitverlauf auf Bildschirm verfolgen und für die jeweilige Bewegungsrichtung durch Digitalplotter (Tektronix 4662) dokumentieren. Nach Digitalisierung erfolgt die Abspeicherung der aufgezeichneten Daten auf Diskette, was eine Verarbeitung zu einem späteren Zeitpunkt ermöglicht. Mittels Drucker (Teleprint KSR 430) werden

die Ergebnisse dieser Auswertung zahlenmäßig festgehalten.

3.2. Funktionsprinzip der Meßanordnung (49)

Bei Belastung der Meßplattform durch Stehen in Romberg-Haltung wirken auf ihre Oberfläche zum Überwiegenden Teil vertikal gerichtete Kräfte ein; vorhandene horizontale Kräfte sind bei einer derartigen statischen Untersuchung vernachlässigbar klein. Die vorhandene Gesamtfußdruckkraft F ergibt sich als Summe der von den vier Kraftaufnehmern registrierten Teilkräfte F_1 - F_4 . Definiert man ein Koordinatensystem, dessen Ursprung mit dem Plattformmittelpunkt übereinstimmt und bezeichnet man als y -Achse die Longitudinal-, als x -Achse die Transversalachse der Meßplattform, so haben die Verbindungslinien der Kraftaufnehmermittelpunkte zu den jeweiligen Koordinatenachsen die Abstände $a = 120$ mm bzw. $b = 200$ mm (Abb. 3).

Für die beiden Komponenten des auf den Koordinatenursprung bezogenen Momentvektors, M_x und M_y , ergibt sich damit folgender Zusammenhang:

$$(1) \quad M_x = b \cdot [(F_1 + F_2) - (F_3 + F_4)]$$

$$(2) \quad M_y = a \cdot [(F_2 + F_3) - (F_1 + F_4)]$$

Da in Form der einwirkenden Gewichtsbelastung insgesamt nur positive Druckspannungswerte auftreten, gilt für die genannten Größen zusätzlich

$$(3) \quad M_x = F \cdot Y$$

$$(4) \quad M_y = - F \cdot X$$

X und Y stellen dabei die auf den Plattformmittelpunkt bezogenen Koordinaten des Schnittpunktes der Wirkungslinie der einwirkenden Gesamtkraft F mit der Plattformarbeitsebene dar. Aus obigen Beziehungen errechnen sich die Koordinaten dieses Punktes wie folgt:

$$(5) \quad X = a \cdot \frac{(F_1 + F_4) - (F_2 + F_3)}{F}$$

$$(6) \quad Y = b \cdot \frac{(F_1 + F_2) - (F_3 + F_4)}{F}$$

Nach dem piezoelektrischen Funktionsprinzip erzeugen die Kraftaufnehmer 1-4 den jeweils einwirkenden Teilkräften F_1 - F_4 proportionale Ladungen Q_1 - Q_4 , welche von den nachgeschalteten Ladungsverstärkern in entsprechende Gleichspannungen U_1 - U_4 transformiert werden. Im

Sinne der Beziehungen (5) und (6) verknüpft der Analogrechenverstärker U_1-U_4 zu zwei analogen Gleichspannungen U_x und U_y , die das definitive Substrat der weiteren Signalverarbeitung bilden (Abb. 3).

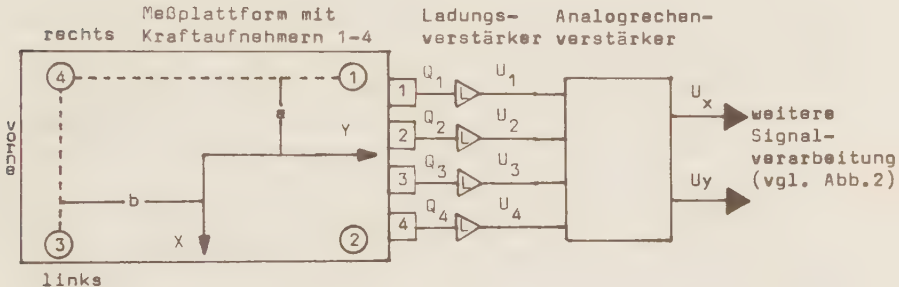


Abb. 3 Prinzip der Kraftmessung in Form äquivalenter Spannungen

Die vom Analogrechenverstärker erzeugten Spannungswerte stellen aufgrund obiger Zusammenhänge ein proportionales Maß für die jeweilige Lage der vertikalen Projektion des Kraftschwerpunktes des untersuchten Probanden dar. Nähere Erläuterungen hierzu gibt (49).

3.3. Signalverarbeitung und ihre Interpretation

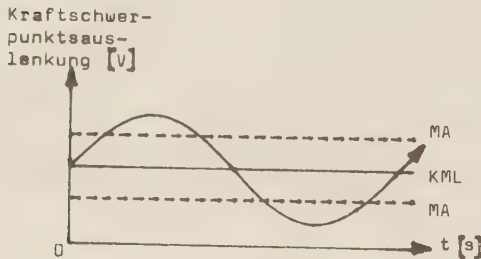
Die Digitalisierung des zugeführten analogen Spannungssignals erfolgt mit einer Abtastfrequenz von 25 Hz. Bei einer Aufnahmezeit von ca. 41 Sekunden pro Untersuchungsabschnitt speichert der Rechner für die beiden betrachteten Hauptbewegungsachsen jeweils 1024 Meßwerte gesammelt ab. Aus diesen Einzelspannungswerten errechnen sich drei zur Charakterisierung des Schwankverhaltens geeignete Parameter.

- Das arithmetische Mittel aller Einzelwerte definiert die Kraftschwerpunktsmittellage während des Beobachtungszeitraume (Abb. 4a).
- Als proportionales Maß der Mittleren Schwankungsamplitude quantifiziert die zugehörige Standardabweichung die Streuung der Meßwerte um die berechnete Ruhelage (Abb. 4a).
- Als Äquivalent der zurückgelegten Schwankungstrecke errechnet sich die jeweilige Schwankungsspurlänge durch Summation der

Paardifferenzbeträge jeweils aufeinanderfolgender Werte (Abb. 4b).

Pro Untersuchungsabschnitt liefert der beschriebene Auswertungsmodus somit sechs das zugrundeliegende Schwankungsmuster quantitativ beschreibende Zahlenwerte.

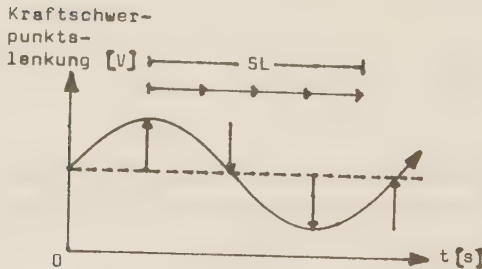
a)



$$KML = \frac{1}{1024} \sum_{i=1}^{1024} u_i$$

$$MA = \sqrt{\frac{1}{1023} \sum_{i=1}^{1024} (u_i - \bar{u})^2}$$

b)



$$SL = \sum_{i=1}^{1023} |u_{i+1} - u_i|$$

Abb. 4 Prinzip der Ermittlung geeigneter Schwankungsparameter

a) Kraftschwerpunktsmittellage (KML) und Mittlere Schwankungsamplitude (MA)

b) Schwankungsspurllänge (SL)

3.4. Kalibrierung der Meßapparatur

a) Problematik einer Kalibrierung

Aufgrund ihres Funktionsprinzips eignet sich eine Kraftmeßplattform nicht dazu, direkte Aussagen über die räumliche Ausdehnung von Körperschwankungen zu vermitteln. Die Erfassung der als Konsequenz auftretenden Veränderungen des Fußdruckes läßt lediglich indirekte Rückschlüsse auf das zugrundeliegende Schwankungsverhalten zu (84). Zur Herstellung des entsprechenden Proportionalitätszusammenhanges ist die Anwendung einer geeigneten Kalibrierungsmethode erforderlich. Da gegenwärtig kein Verfahren zur Verfügung steht, das die bei der Romberg'schen Stehprüfung zu erwartenden dynamischen Druckver-

änderungen adäquat berücksichtigt, wird eine statische Kalibrierung durchgeführt, obwohl ein solches Vorgehen verständlicherweise nicht frei von Problemen sein kann(1). Bei Anwendung der nachfolgend beschriebenen Kalibrierungsmethode stimmen die ermittelten Meßwerte nur dann exakt mit den tatsächlichen Veränderungen der Körperschwerpunktslage überein, wenn der Anteil dynamischer Komponenten am Gesamtschwankungsumfang vernachlässigbar gering ist. Da dieser aber in Abhängigkeit vom Frequenzspektrum der untersuchten Schwankungen bis zu 50 % betragen kann, überschreiten experimentell ermittelte Werte immer die den tatsächlichen Oszillationen des Körperschwerpunktes entsprechende Höhe (26,95). Um einer derartigen Überschätzung des realen Schwankungsausmaßes entgegenzuwirken, beziehen einige Autoren die untersuchten Parameter auf das Verhalten eines hypothetischen "Kraftschwerpunktes" (center of force, center of foot pressure nach 26,40).

Unter Berücksichtigung dieses Sachverhaltes erfolgt die Angabe von Mittlerer Schwankungsamplitude und Schwankungseperlänge nach Umrechnung mit dem ermittelten Kalibrierungsfaktor in imaginären Schwankungseinheiten. Eine derartige Einheit (E) entspricht einer statischen Veränderung der Schwerpunktslage von 10 cm. Die dargelegten Vorbehalte sind dabei zu beachten.

b) Physikalische Kalibrierung

Ein Körper definierter Masse wird in Richtung der beiden Hauptbewegungsachsen von einem festgelegten Bezugspunkt aus um Strecken unterschiedlicher Länge fortbewegt (93). In Korrelation mit der erfolgten Lageänderung ergibt die vom Rechner registrierte Spannungsdifferenz den gesuchten Kalibrierungsfaktor (36). Wiederholte Durchführung dieses Vorganges zeigt, daß einer Verschiebung des Normkörperschwerpunktes um zehn cm eine Spannungsdifferenz von 0,17V äquivalent ist. Eine positive Differenz tritt bei einer Lateralverlagerung nach links sowie bei einer Rückwärtslagerungen des Normkörpers auf (36).

c) Physiologische Kalibrierung

Neben anderen Ursachen erschweren verfahrensbedingte Faktoren den Vergleich quantitativer Ergebnisse verschiedener Autoren (1,47). Wählt man die durch Untersuchung eines größeren Kollektivs gesunder Probanden gewonnenen Normalmittelwerte der verschiedenen Parameter als Bezugsgröße einer Meßwertangabe, so sind die sich ergebenden prozentualen Relativwerte in weiten Grenzen unabhängig

vom verwendeten Verfahren. Die Durchführung einer solchen "physiologischen" Kalibrierung erleichtert so auch bei Anwendung verschiedener methodischer Varianten den Vergleich der Resultate (36).

Die der Berechnung der Relativwerte für Mittlere Schwankungsamplitude und Schwankungsspurlänge zugrundeliegenden Normalmittelwerte entstammen einer Untersuchung von hundert gesunden Normalpersonen (37). In Abschnitt 5 sind sie an entsprechender Stelle aufgeführt.

Eine analoge Transformation betrifft die sich aus der Schwerpunktmittellage vor und nach Augenschluß errechnende Schwerpunktsverlagerung bei Augenschluß (s. Abschn. 5). Als Bezugsgröße dient hierbei die empirisch ermittelte maximale Schwerpunktsverlagerung Gesunder. Diese stellt die größtmögliche willkürliche Verlagerung des Körperschwerpunktes dar, die in Romberg-Haltung aus der Ruhelage heraus unter Beibehaltung der ursprünglichen Fußstellung ohne Verlust des Gleichgewichtes herbeigeführt werden kann. Die entsprechenden Werte finden sich wiederum in Abschnitt 5 (37).

3.5. Untersuchungsmodalitäten

Nachdem die Erfüllung der in Abschnitt 4 erläuterten Ein- und Ausschlusskriterien sichergestellt war, erfolgte eine ausführliche Anamneseerhebung, wobei persönliche Daten des Patienten und vorhandene aktuelle Beschwerden gesondert berücksichtigt wurden. Im Rahmen einer anschließenden Aufklärung über Sinn und Ablauf der Untersuchung wurde insbesondere betont, daß während der durchgeführten Gleichgewichtsprüfung konzentriertes Stehen unter Vermeidung willkürlicher Bewegungen unerlässlich sei. Auf das Vorhandensein einer geeigneten Hilfestellung zum Schutz gegen Sturz von der Plattform wurde ausdrücklich hingewiesen. Nach Ablegen von Schuhwerk und Strümpfen streifte der Patient dünne Plastiküberschuhe über; seine Bekleidung blieb darüberhinaus unverändert. Während der gesamten Untersuchung wurden handelsübliche Gehörschutzkapseln getragen. Die Positionierung des Patienten auf der Meßplattform erfolgte in der Weise, daß beide Füße mit einem Innenknöchelabstand von drei cm zueinander parallel in Richtung der anterioposterioren Plattformachse orientiert waren. Unter Beachtung auf der Oberfläche angebrachter Markierungen wurde eine in etwa reproduzierbare Fußstellung angestrebt. Eine vollkommene Übereinstimmung der Schwerpunktsruhelage aller Patienten war jedoch nicht zu erreichen. Die Standfläche wies wahlweise Raumtemperatur bzw. eine Temperatur von $+3^{\circ}\text{C}$ auf. Für einen Zeitraum von je-

weils einer Minute wurde Romberg-Haltung eingenommen (73). Die Arme wurden dazu in Supinationsstellung horizontal nach vorne gestreckt, der Blick war bei aufrechter Körperhaltung auf eine in 2 m Entfernung in Augenhöhe angebrachte Markierung zu richten. Jeweils zehn Sekunden nach Einnahme der beschriebenen Position begann das Aufnahmeintervall von 41 Sekunden Dauer. Modifikation des genannten Ablaufs hinsichtlich zweier Untersuchungsbedingungen führte zu einer Gesamtzahl von vier Untersuchungsabschnitten, die jeweils in festgelegter Reihenfolge durchgeführt wurden (Tab. 1). Nach Ablauf der

Untersuchungsabschnitt	Visuelle Orientierungsmöglichkeit	Temperatur der Standfläche
1	Fixation	Raumtemperatur
2	Augenschluß	Raumtemperatur
3	Fixation	Abkühlung (3°C)
4	Augenschluß	Abkühlung (3°C)

Tab. 1 Modifikation der Untersuchungsbedingungen in den verschiedenen Untersuchungsabschnitten

beiden ersten Abschnitte stand dem Patienten eine dreiminütige Erholungspause zur Verfügung, während der sitzende Körperhaltung einzunehmen war. Ansonsten war eine Veränderung der eingenommenen Fußstellung nicht zulässig. Der Untersuchungsablauf beanspruchte insgesamt eine Zeit von maximal 15 Minuten.

4. Patientenquot

Das untersuchte Kollektiv setzte sich aus 70 vestibulär kranken Patienten der HNO-Klinik des Universitätsklinikums Großhadern zusammen, die sich im ersten Halbjahr 1983 wegen Schwindelbeschwerden und Gleichgewichtsstörungen in Behandlung befanden. Es handelte sich um 41 Männer und 29 Frauen im Alter von 22 bis 84 Jahren, wobei das Durchschnittsalter 46 Jahre betrug. Bei einer durchschnittlichen Körpergröße von 170 cm wiesen sie ein Durchschnittsgewicht von 71 kg auf. Personen mit Erkrankungen des Bewegungsapparates (mit Ausnahme der Halswirbelsäule) sowie allen weiteren Gesundheitsstörungen, die eine Beeinträchtigung der Romberg'schen Stehprüfung zur Folge haben können, waren von der Untersuchung ausgeschlossen (24,73). Patienten, bei denen sich im Laufe der Untersuchung Aggravationsverdacht ergab, sowie Personen unter 18 Jahren konnten ebenfalls nicht berücksichtigt werden.

Zentralnervös wirksame Pharmaka und andere Medikamente, bei denen ein Einfluß auf die Regulation des Körpergleichgewichtes in Betracht zu ziehen ist, wurden spätestens drei Tage vor dem Untersuchungstermin abgesetzt. Innerhalb eines Zeitraumes von 24 Stunden vor Beginn wurde Alkoholkarenz eingehalten; Nikotingenuß mußte mindestens zwei Stunden zurückliegen.

Ausgehend vom Ergebnis der HNO-ärztlichen Diagnostik (Anamnese, klinische Untersuchung einschließlich Vestibularisprüfung, Röntgendiagnostik, Audiometrie, Elektronystagmographie) wurden 70 ausgewählte Patienten in nachfolgend beschriebene Diagnosegruppen unterteilt.

Patienten, deren Beschwerden sich trotz intensiver diagnostischer Bemühungen nicht anhand korrelierender pathologischer Untersuchungsergebnisse verifizieren ließen, wurden in der vorliegenden Untersuchung nicht berücksichtigt, da eine eindeutige Gruppenzuordnung unmöglich erschien.

a) Gruppe 1: Patienten mit Erkrankung des peripher-vestibulären Systems (Tab. 2)

Elektronystagmographisch zeigten 29 Personen eine Untererregbarkeit bzw. einen vollständigen Ausfall eines Vestibularorgans, wobei die Läsionen entzündlicher, traumatischer und vaskulärer Genese waren. Patienten mit Morbus Menière, menièreartiger Symptomatik sowie mit benignem paroxysmalem Lagerungsschwindel wurden bewußt nicht in diese

Pat.-Nr.	ENG-Nr. (1983)	Alter	Geschlecht	Diagnose
1	16	53	w	teilkompensierte hochgradige Untererregbarkeit rechts
2	17	44	m	fast vollstündig kompensierte Untererregbarkeit rechts
3	142	42	m	fast vollstündig kompensierte Untererregbarkeit rechts
4	144	37	w	fast vollstündig kompensierte Untererregbarkeit links
5	147	58	w	fast vollstündig kompensierte Untererregbarkeit links
6	154	27	w	teilkompensierte Untererregbarkeit rechts
7	161	28	w	fast vollstündig kompensierte Untererregbarkeit links
8	163	27	m	teilkompensierte Untererregbarkeit links
9	164	41	m	fast vollstündig kompensierte Untererregbarkeit links
10	169	49	w	fast vollstündig kompensierte Untererregbarkeit links
11	172	37	w	teilkompensierter Vestibularisausfall rechts
12	173	26	w	teilkompensierte Untererregbarkeit rechts
13	189	64	w	geringgradig kompensierter Vestibularisausfall links
14	196	54	m	hochgradige Untererregbarkeit beidseits
15	197	52	m	fast vollstündig kompensierte Untererregbarkeit rechts
16	201	65	w	fast vollstündig kompensierte Untererregbarkeit links
17	211	45	m	fast vollstündig kompensierter Vestibularisausfall links
18	-	59	m	teilkompensierte Untererregbarkeit rechts
19	216	66	m	fast vollstündig kompensierter Vestibularisausfall links
20	218	22	m	geringgradig kompensierte Untererregbarkeit links
21	223	75	m	teilkompensierte Untererregbarkeit rechts
22	226	23	w	teilkompensierte Untererregbarkeit rechts
23	232	33	w	teilkompensierte hochgradige Untererregbarkeit rechts
24	238	32	m	teilkompensierter Vestibularisausfall links
25	245	42	m	fast vollstündig kompensierte Untererregbarkeit rechts
26	280	43	w	fast vollstündig kompensierte Untererregbarkeit links
27	299	54	w	fast vollstündig kompensierte Untererregbarkeit rechts
28	300	50	w	teilkompensierter Vestibularisausfall rechts
29	306	62	w	teilkompensierter Vestibularisausfall rechts

Tab. 2 Patienten mit Erkrankung des peripher-vestibulären Systems

Gruppe aufgenommen. Charakterisiert als peripher-vestibuläre Erkrankungen vom Anfallstyp weisen sie kurzfristige Änderungen des vestibulären Erregbarkeitszustandes auf, was eine hohe Variabilität der zu verschiedenen Zeitpunkten erhobenen Untersuchungsbefunde zur Konsequenz hat. Die genannten Erkrankungen sind daher im Sinne der Zielsetzung der vorliegenden Arbeit am wenigsten geeignet, Zusammenhänge zwischen Körperschwankungen und vestibulärem Funktionszustand erkennen zu lassen.

In allen Fällen fand sich eine unterschiedlich ausgeprägte zentrale Kompensation der peripheren Funktionsstörung. Ihr Ausmaß reichte vom Zustand beginnender bis zu fast vollständig vollzogener zentraler Kompensation (Stadien I-III nach SCHERER, 76). Dem entsprechend berichtete keiner der Patienten über zum Untersuchungszeitpunkt bestehenden Drehschwindel bzw. Fallneigung. In jeweils 14 Fällen war isoliert das rechte bzw. linke Labyrinth betroffen, ein Patient wies eine beidseitige Untererregbarkeit auf (Tab. 2).

b) Gruppe 2: Patienten mit Erkrankung des zentral-vestibulären Systems (Tab. 3)

Zu einer zweiten Gruppe wurden 27 Personen mit verschiedenen zentral-vestibulären Erkrankungen zusammengefaßt, deren peripher gelegener Anteil des Vestibularapparates von der Störung unberührt geblieben war. Als Ursache der in Hirnstamm bzw. Kleinhirn lokalisierten

Pat.-Nr.	ENG-Nr. (1983)	Alter	Geschlecht	Pat.-Nr.	ENG-Nr. (1983)	Alter	Geschlecht
1	18	59	m	15	188	45	m
2	87	30	w	16	193	72	w
3	51	23	m	17	229	57	m
4	62	48	m	18	135	61	w
5	-	40	w	19	205	52	m
6	69	52	m	20	207	60	m
7	143	57	m	21	213	52	m
8	123	49	w	22	222	46	m
9	158	70	m	23	227	43	m
10	170	38	m	24	234	25	w
11	174	45	m	25	239	47	m
12	176	50	w	26	290	84	m
13	177	56	w	27	318	38	m
14	187	72	w				

Tab. 3 Patienten mit Erkrankung des zentral-vestibulären Systems

sierten Läsionen sind traumatische, vaskuläre oder degenerative Faktoren nachgewiesen (Tab. 3). Es handelte sich ebenfalls um über einen längeren Zeitraum bestehende Veränderungen, wobei aber infolge Beteiligung zentraler Schaltstellen eine Kompensation nur in wesentlich geringerem Umfang zu erwarten war (77).

c) Gruppe 3: Patienten mit cervikal bedingtem Schwindel (Tab. 4)

Bei entsprechender Anamnese war für die 14 Patienten dieser Gruppe der Nachweis pathologischer Befunde im elektronystagmographisch registrierten Halsdrehtest charakteristisch (19,78). Nur in einem Teil der Fälle ließen sich röntgenologisch degenerative Veränderungen als Ursache der Störung nachweisen (Tab. 4). Bei den übrigen Patienten war eine myogene Genese der Beschwerden anzunehmen (77).

Pat.-Nr.	ENG-Nr. (1983)	Alter	Geschlecht	Pat.-Nr.	ENG-Nr. (1983)	Alter	Geschlecht
1	15	29	w	8	191	28	m
2	67	52	m	9	195	56	m
3	151	61	w	10	203	49	w
4	153	42	w	11	225	59	w
5	178	41	m	12	281	39	w
6	185	38	m	13	305	59	w
7	186	36	w	14	330	41	w

Tab. 4 Patienten mit cervikalem Schwindel

Als Vergleichskollektiv diente eine Gruppe hundert gesunder Normalpersonen, deren Schwankungsverhalten mit Hilfe derselben Meßanordnung unter identischen Versuchsbedingungen untersucht worden war (28).

5. Ergebnisse

5.1. Graphische Registrierung der Körperschwankungen

Die beschriebene Methode liefert - wie in Abschnitt 3.1. dargelegt - zwei unterschiedliche graphische Darstellungsformen der beobachteten Körperschwankungen. Bereits unmittelbar nach Beendigung der Stehprüfung erlauben diese eine erste orientierende Beurteilung des qualitativen Schwankungsverlaufs.

Fortlaufende Aufzeichnung der Kraftschwerpunktslage in der Horizontalebene führt zu einer Darstellung, die nach BARON als Statokinesigramm (SKG) bezeichnet wird (3). Beispiele verschiedener statokinesigraphisch festgehaltener Schwankungsmuster zeigt Abb. 5.

Das Stabilogramm (SBG) nach GURFINKEL stellt den Zeitverlauf der Kraftschwerpunktsauslenkung bzgl. einer der Hauptbewegungsachsen graphisch dar (26). Den entsprechenden Statokinesigrammen äquivalente Stabilogramme sind in Abb. 5 wiedergegeben.

5.2. Einzelergebnisse

Das Resultat der quantitativen Auswertung des Schwankungsverhaltens eines Patienten setzt sich aus Meßwerten für 32 verschiedene Einzelparameter zusammen. Eine detaillierte Darstellung der Einzelergebnisse aller Patienten findet sich aus Gründen der Übersichtlichkeit im Anhang (Tab. I-X). Die Angabe erfolgt in Form prozentualer Relativwerte, die sich auf entsprechende Normalmittelwerte bzw. die maximale Schwerpunktsverlagerung beziehen. Deren Werte finden sich ebenfalls im Anhang. Eine Umrechnung in entsprechende Absolutwerte (V bzw. E) ist anhand der dargelegten Zusammenhänge möglich (vgl. 3.4.).

Bezüglich der Parameter Mittlere Schwankungsamplitude und Schwan-
kungspurlänge wird auf die Tabellen I-IV bzw. V-VIII verwiesen. Auf-
gelistet sind dort auch die auf kalter Standfläche erzielten Daten. Die Werte der als Summe der beiden genannten Parameter definierten Schwankungsintensität sind aufgrund ihrer einfachen mathematischen Herleitbarkeit nicht im Detail wiedergegeben.

Auf eine quantitative Auswertung der Kraftschwerpunktsmittellage wurde verzichtet, da ihre Vergleichbarkeit infolge unterschiedlicher Patientenposition nicht gewährleistet ist.

Die durch Differenzbildung entsprechender Werte der Schwerpunktsmittellage vor und nach Augenschluß ermittelte Kraftschwerpunkts-

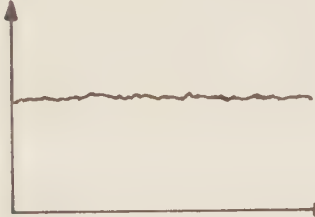
a)



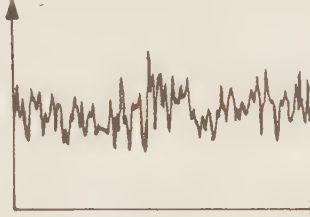
b)



Kraftschwerpunktauslenkung
in lateraler Richtung



Kraftschwerpunktauslenkung
in lateraler Richtung



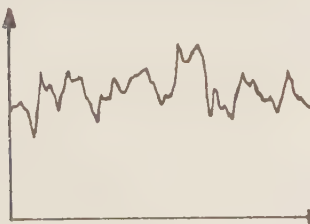
c)



d)



Kraftschwerpunktauslenkung in
anterioposteriorer Richtung



Kraftschwerpunktauslenkung in
anterioposteriorer Richtung

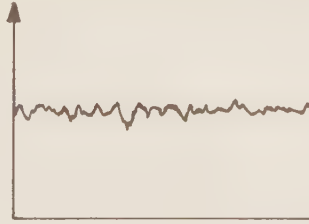


Abb. 5 Statokinesigraphische (oben) und stabilographische (unten) Registrierungen einiger typischer Schwankungsmuster

- a) Mittlere Amplitude und Spurlänge im Normbereich
- b) Ausgeprägt pathologische Amplitude und Spurlänge
- c) Überwiegend Erhöhung der Mittleren Schwankungsamplitude
- d) Überwiegend Erhöhung der Schwankungsspurlänge

Visuelle Orientie- rungsmög- lichkeit	Hauptbe- wegungs- achse	Gruppe 1 Peripher- vestibulär		Gruppe 2 Zentral- vestibulär		Gruppe 3 Cervikal		Gesunde (28)	
		MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD
(Kraftschwerpunktsverlagerung bei Augenschluß)									
	lateral	5,8	5,1	10,1	16,3	6,3	4,5	4,5	3,8
	anteriopost.	7,9	6,6	9,6	9,7	5,0	4,8	4,4	3,5
Mittlere Schwankungsamplitude									
Fixation	lateral	173	88	158	78	153	38	100	46
	anteriopost.	207	84	178	69	154	54	100	46
Augenschluß	lateral	209	89	210	126	175	57	100	43
	anteriopost.	233	96	234	207	178	65	100	52
Schwankungsspurlänge									
Fixation	lateral	168	64	156	98	131	33	100	35
	anteriopost.	(102)	73	(103)	95	(74)	57	100	88
Augenschluß	lateral	232	121	214	128	146	49	100	49
	anteriopost.	163*	159	150	90	136*	88	100	70
Schwankungsintensität									
Fixation	lateral	340	145	314	167	284	63	205	89
	anteriopost.	309*	233	282	123	(228)	79	202	105
Augenschluß	lateral	441	196	423	237	321	101	200	80
	anteriopost.	392	220	384	248	313	96	202	82

() = kein signifikanter Unterschied
ansonsten signifikant mit * = 1%, bzw. ** = 2,5% (*)

Tab. 5a Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) der Schwan-
kungsparameter verschiedener Gruppen vestibulär Kranker
und Gesunder im Vergleich
- Romberg-Test auf warmer Standfläche -

verlagerung bei Augenschluß ist hingegen als objektivierbarer Para-
meter in den Tabellen IX und X aufgeführt.

5.3. Auswertung nach Diagnosegruppen

Eine zusammenfassende Charakterisierung der verschiedenen Diagnose-
gruppen ermöglicht die gruppengetrennte Berechnung von Mittelwert
und Standardabweichung der einzelnen Parameter. In Tabelle 5 a und
b sind diese den entsprechenden Normalwerten gegenübergestellt.
Durch geeignete statistische Verfahren (T-Test für unverbundene

Visuelle Orientie- rungsmög- lichkeit	Hauptbe- wegungs- achse	Gruppe 1		Gruppe 2		Gruppe 3		Gesunde	
		Peripher- vestibulär		Zentral- vestibulär		Cervikal		(28)	
		MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD
(Kraftschwerpunktsverlagerung bei Augenschluß)									
	lateral	5,7	5,8	5,9	6,0	5,5	4,2	4,5	3,8
	anteriopost.	9,8	7,4	8,8	6,5	6,9	4,8	4,4	3,5
Mittlere Schwankungsamplitude									
Fixation	lateral	152	75	148	82	157*	81	100	52
	anteriopost.	178	61	175	77	162*	89	100	43
Augenschluß	lateral	183	60	217	215	159	58	100	39
	anteriopost.	215	71	230	104	192	71	100	39
Schwankungsspurlänge									
Fixation	lateral	154	72	149	100	123*	41	100	41
	anteriopost.	(74)	72	(88)	77	(96)	74	100	92
Augenschluß	lateral	200	82	204	138	142	40	100	46
	anteriopost.	(125)	90	146	88	(90)	61	100	65
Schwankungsintensität									
Fixation	lateral	306	142	297	171	278*	113	205	89
	anteriopost.	253*	109	255*	126	(235)	136	202	105
Augenschluß	lateral	383	128	421	317	301	94	200	80
	anteriopost.	340	136	376	240	282	95	202	82

() = kein signifikanter Unterschied
ansonsten signifikant mit $\alpha = 1\%$, bzw. $\alpha = 2,5\%$ (*)

Tab. 5b Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) der Schwan-
kungsparameter verschiedener Gruppen vestibulär Kranker
und Gesunder im Vergleich
- Romberg-Test auf abgekühlter Standfläche -

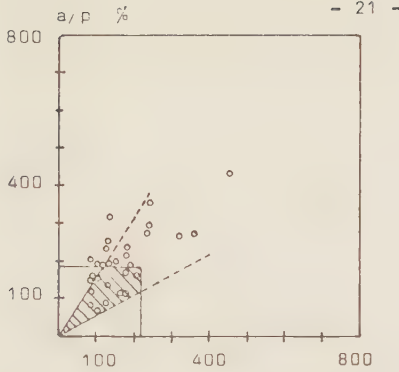
Stichproben) läßt sich für die meisten Parameter ein statistisch
signifikanter Unterschied zwischen Patientengruppen und Normalkol-
lektiv nachweisen. Ausnahmen sind in Tabelle 5 entsprechend ge-
kennzeichnet (<). Das Signifikanzniveau beträgt im allgemeinen 1%,
in einigen Fällen 2,5 % (markiert durch *).

5.4. Beurteilung der Patientenmeßwerte anhand von Normdiagrammen

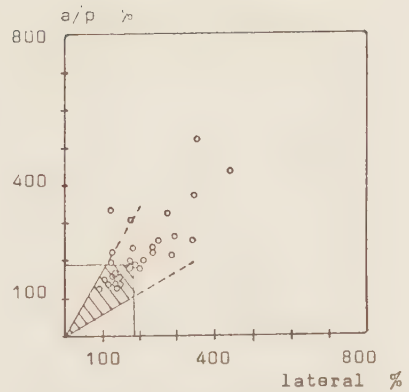
Die im Folgenden als Bezugssystem verwendeten Normalbereiche für
die einzelnen Schwankungsparameter entstammen einer Untersuchung

des Schwankungsverhaltens von 100 gesunden Probanden (28). In den entsprechenden Schemata von Abb. 6 - 8 schließt der gekennzeichnete Bereich jeweils die Werte von 94 % aller Gesunden ein. Aus entsprechenden Ergebnissen für laterale und anterioposteriore Bewegungsrichtung gebildete Wertepaare, die ausserhalb des schraffierten Bereiches liegen, weisen somit nur 6 % der Normalpersonen auf. In Verbindung mit weiteren auffälligen Symptomen kann ein solches Verhalten auf das Vorliegen eines krankhaften Geschehens im Bereich des Gleichgewichtsregulationssystems hinweisen.

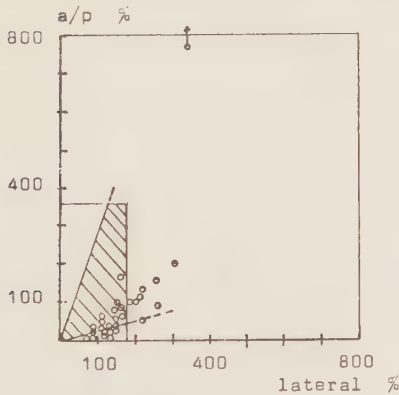
Nachdem Kälteanästhesie der Fußsohlen keine relevante Beeinflussung des Schwankverhaltens der Patienten zur Folge hat, ist in den Abbildungen 6 bis 8 aus Platzgründen jeweils nur die Untersuchung auf warmer Standfläche berücksichtigt.



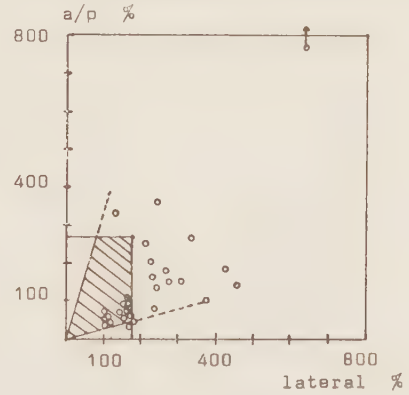
a) Mittlere Schwankungsamplitude bei Fixation



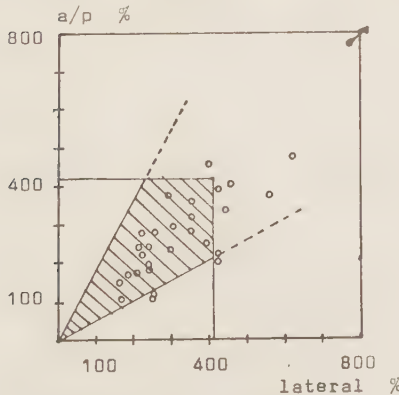
b) Mittlere Schwankungsamplitude nach Augenschluß



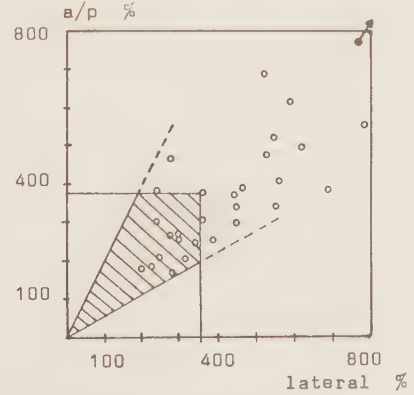
c) Schwankungsspurlänge bei Fixation



d) Schwankungsspurlänge nach Augenschluß

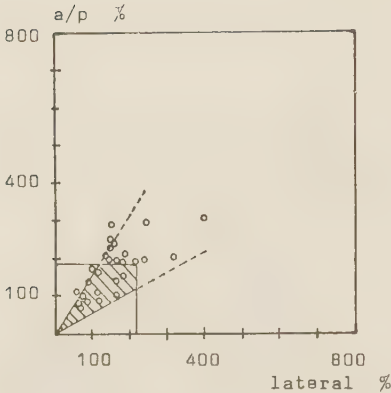


e) Schwankungsintensität bei Fixation

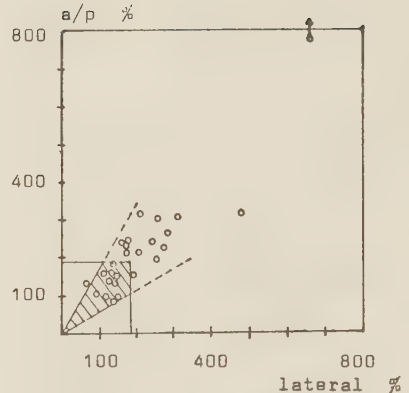


f) Schwankungsintensität nach Augenschluß

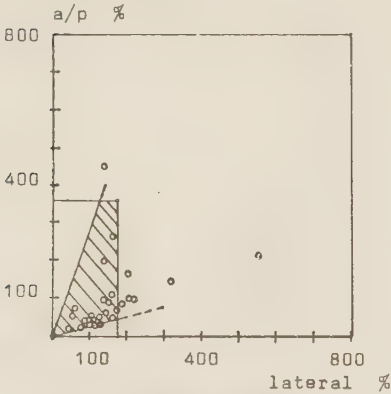
Abb. 6 Normdiagrammdarstellungen der Meßwerte von Patienten mit peripher-vestibulärer Erkrankung



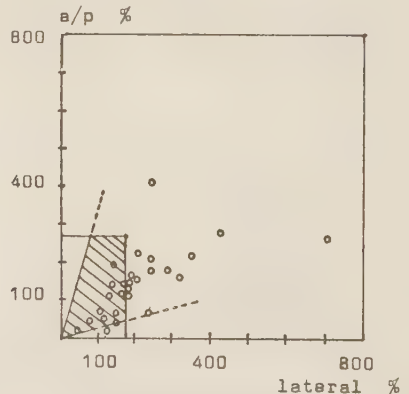
a) Mittlere Schwankungsamplitude bei Fixation



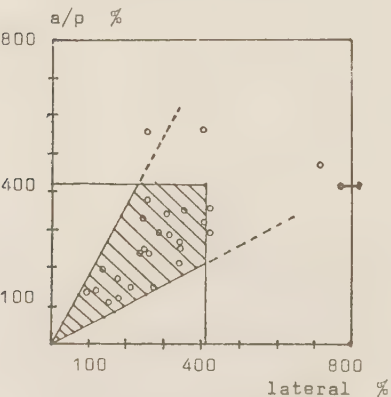
b) Mittlere Schwankungsamplitude nach Augenschluß



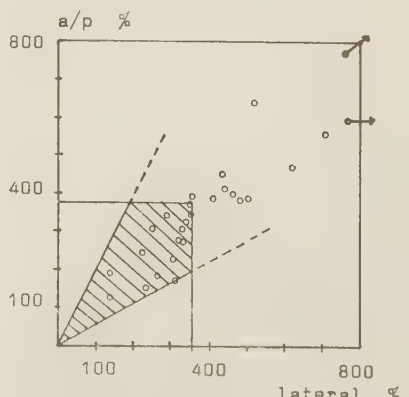
c) Schwankungsspurlänge bei Fixation



d) Schwankungsspurlänge nach Augenschluß



e) Schwankungsintensität bei Fixation



f) Schwankungsintensität nach Augenschluß

Abb. 7 Normdiagrammdarstellungen der Meßwerte von Patienten mit zentral-vestibulärer Erkrankung

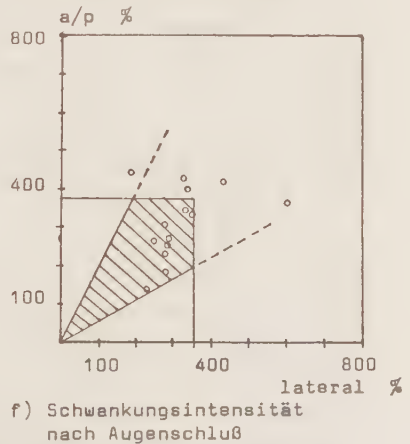
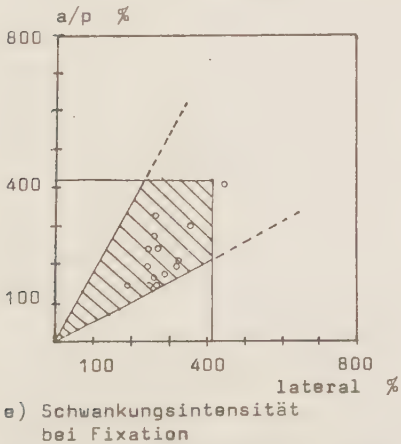
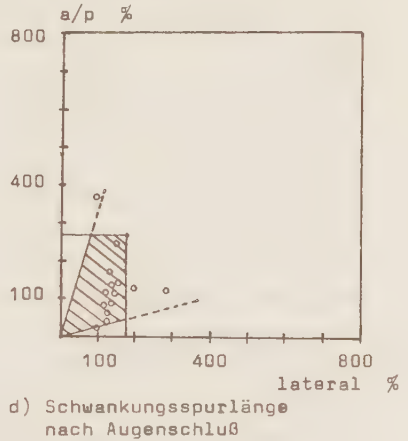
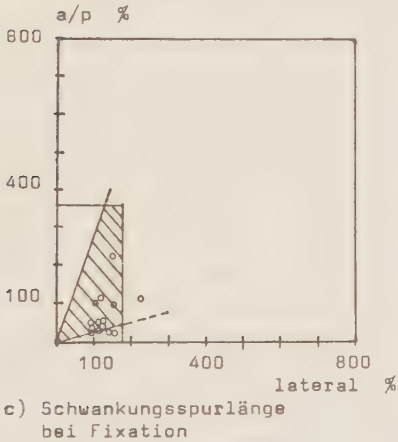
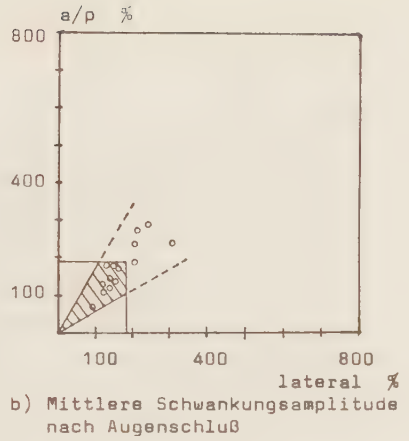
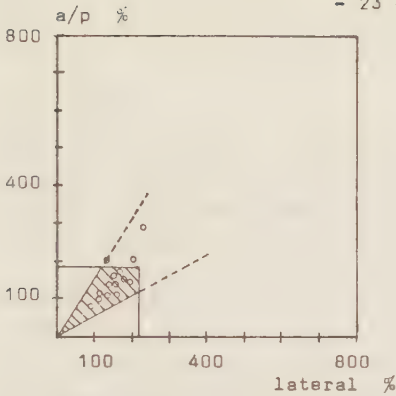


Abb. 8 Normdiagrammdarstellungen der Meßwerte von Patienten mit cervikalem Schwindel

6. Diskussion

6.1. Problematik wichtiger Einflußfaktoren

In konventioneller Form durchgeführt läßt eine Beurteilung des Romberg-Testes lediglich qualitative Aussagen hinsichtlich verstärktem Schwanken bzw. einer gerichteten Fallneigung zu. Ein Verfahren, das darüberhinausgehend eine quantitative Beschreibung der beim Stehen in Romberg-Haltung auftretenden Körperschwankungen ermöglicht, ist naturgemäß in höherem Maße störanfällig. Dabei sind der verwendeten Meßanordnung entstammende apparative Einflüsse durch Anwendung eines geeigneten Kalibrierungsverfahrens weitgehend zu beherrschen (vergl. Abschnitt 3.4.).

Eine nahezu unüberschaubare Vielfalt von Variationsmöglichkeiten bietet sich bei der Auswahl geeigneter Untersuchungsmodalitäten an. Wir bevorzugen diejenige Körperhaltung, die gegenwärtig zur Durchführung des Romberg-Tests am häufigsten empfohlen wird (73). Parallelstellung der Füße vermittelt bei geringem Innenknöchelabstand gegenüber anderen Fußpositionen die geringstmögliche Stabilität (68). Eine Untersuchung mit Schuhen ist aufgrund der nicht erfaßbaren Unterschiede üblicher Modelle nicht empfehlenswert (47).

In Kombination mit Fixation eines in weniger als fünf Metern Entfernung angebrachten stationären Bezugspunktes gewährleisten innerhalb des Gesichtsfeldes vorhandene vertikale Orientierungslinien (z.B. Türrahmen, Kanten von Mobiliar) eine optimale visuelle Kontrolle der aufrechten Körperhaltung. Bei Gesunden reduziert sich unter diesen Bedingungen die Schwankungsamplitude auf ein Minimum (7,15,16). Die Anwendung handelsüblicher Gehörschutzkapseln verhindert eine akustische Orientierung an richtungskonstanten Schallquellen und schließt gleichzeitig eine Beeinflussung des Probanden durch unvermeidbare Umgebungsgeräusche aus (47,53,56).

Nachdem bewußte Konzentration auf ruhiges Stehen die Schwankungsintensität verringern soll, wird der Patient entsprechend instruiert (29). Stehen in aufrechter Körperhaltung stellt unter den genannten Versuchsbedingungen einen Vorgang dar, der in hohem Maße einer willkürlichen Einflußnahme zugänglich ist. Psychische Faktoren wie Stimmung, Motivation oder Erwartung des Patienten haben am Zustandekommen des Untersuchungsergebnisses einen erheblichen, individuell nicht abgrenzbaren Anteil (92). Liegen entsprechende Anhaltspunkte vor, muß daher immer die Möglichkeit einer Aggravation in Betracht gezogen

werden (42).

Bei einer Dauer von 41 Sekunden gewährleistet das gewählte Aufzeichnungsintervall die Erfassung einer repräsentativen Phase des vorliegenden Schwankungsverhaltens, ohne den Patienten durch übermäßig langes Verharren in ermüdender Haltung zu belasten (47,90).

Neben den genannten Tatsachen beeinflusst eine Vielzahl weiterer Faktoren das Ergebnis einer derartigen Untersuchung. Detaillierte Aufstellungen geben TEREKHOV und KAPTEYN et al. (47,94). Unterschiedliche Auffassungen über eine optimale praktische Realisation übereinstimmend anerkannter theoretischer Konzepte erklären einen Großteil der vorhandenen Meinungsunterschiede bezüglich des gemeinsamen Untersuchungsgegenstandes. Einer Vereinheitlichung von Meßanordnung und Untersuchungsmodalitäten kommt daher neben einer übereinstimmenden Auswahl geeigneter Auswertungsparameter eine grundlegende Bedeutung zu (47).

6.2. Einfluß individuell variabler Parameter

Verschiedenen somatischen Variablen, u.a. Alter, Geschlecht, Körpergröße und -gewicht, wird häufig eine herausragende Bedeutung für den individuellen Umfang der bei gesunden Probanden zu beobachtenden Körperschwankungen zugeschrieben. Es finden sich jedoch auch gegenteilige Angaben in der Literatur. Das Problem der Altersabhängigkeit des Schwankungsumfanges ist in dieser Hinsicht am gründlichsten untersucht. OVERSTALL postuliert einen mit steigendem Alter fortschreitenden Effektivitätsverlust der Gleichgewichtsregulation, der sich nach Ansicht einiger Untersucher jedoch erst ab dem 50. bzw. 60. Lebensjahr quantitativ bemerkbar macht (14,70,87). Andere Autoren beschreiben eine generelle Altersabhängigkeit der analysierten Schwankungsparameter (24,58,86,101), während in einem weiteren Teil der Arbeiten mit steigendem Alter keine signifikante Zunahme des Schwankungsumfanges nachzuweisen ist (35,60). Ähnliche Differenzen bestehen in der Beurteilung des Einflusses der anderen genannten Faktoren (9,44,86).

Mit der eingangs beschriebenen Methode ist bei Gesunden eine Abhängigkeit der untersuchten Schwankungsparameter von Alter, Geschlecht, Größe oder Gewicht nicht festzustellen (28). Diesbezüglich vorhandene, unvermeidbare Abweichungen zwischen Patientengruppen und Normalkollektiv dürften somit, wenn überhaupt, nur in geringem Umfang für die zu beobachtenden Unterschiede verantwort-

lich zu machen sein.

6.3. Bedeutung der Aufnahme von Pharmaka, Alkohol und Nikotin

Für eine Vielzahl von Pharmaka und Genußmitteln sind Einwirkungen auf an der Gleichgewichtsregulation beteiligte Strukturen nachgewiesen. Nach ihrer Aufnahme kann der Charakter des zu untersuchenden Schwankungsverhaltens in nicht unerheblichem Maße verändert sein. So ist nach abendlicher Einnahme bestimmter Hypnotika am nächsten Morgen noch eine signifikante Vermehrung des Schwankungsumfanges zu beobachten (72). Diazepam und andere Sedativa bewirken eine ausgeprägte Erhöhung der mittleren Schwankungsamplitude (48,105). Nach Beobachtungen an Normalpersonen induziert das Antivertiginosum Diphenhydramin eine Reduktion der Schwankungsspurlänge (102). Vielfach experimentell bestätigt ist der bereits nach Zufuhr geringer Mengen auftretende destabilisierende Effekt von Äthanol (6,35). Einen Anstieg von Schwankungsamplitude und -frequenz nach Nikotinguß beschreiben BOUDENNE und Mitarbeiter (17). Ein vorübergehender Verzicht auf die Aufnahme entsprechender Substanzen schützt vor Beeinflussung des Untersuchungsergebnisses in der genannten Weise.

6.4. Problematik der inter- und intraindividuellen Variabilität

Die Bewertung eines quantitativen Untersuchungsverfahrens zur Charakterisierung von Körperschwankungen basiert auf zwei entscheidenden Gesichtspunkten.

Zum einen wird das während eines begrenzten Aufnahmeintervalls registrierte Schwankungsverhalten als repräsentatives Abbild des allgemeinen Funktionszustandes des Gleichgewichtsregulationssystems betrachtet. Aufgrund der systembedingten Vielfalt möglicher Angriffspunkte gewinnen jedoch kurzfristig wechselnde Einflußfaktoren unterschiedlichster Art eine enorme Bedeutung für die Modifikation dieses Zustands. So erscheint es nicht ungewöhnlich, wenn mehrfach aufeinanderfolgende Untersuchung ein und derselben Person zu teilweise erheblich differenten Ergebnissen führt. Über das Ausmaß dieser Variation liegen erneut widersprüchliche Literaturangaben vor. Verschiedene Untersuchungen sprechen für eine hohe intraindividuelle Variabilität der an Gesunden untersuchten Schwankungsparameter, wohingegen andere Autoren diese als relativ gering betrachten (23, 35,40,67,101). Eine entsprechende Arbeit über die intraindividuelle Variabilität des Schwankungsverhaltens vestibulär kranker Personen liegt meines Wissens zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht vor, wo-

mit die endgültige Beantwortung dieser Frage offen bleiben muß.

Eine sinnvolle Interpretation von Meßwerten ist zum zweiten nur vor dem Hintergrund des insgesamt auftretenden Wertespektrums zu erwarten. Je größer innerhalb des Patienten- und Normalkollektivs die Streubreite auftretender Werte zu veranschlagen ist, desto umfangreicher wird derjenige Wertebereich, der eine eindeutige Zuordnung zu einer der genannten Gruppen nicht mehr zuläßt. Für Gesunde wird in diesem Zusammenhang übereinstimmend eine relativ hohe interindividuelle Variabilität angegeben (23,40,67,101). Bei Anwendung der beschriebenen Methodik auf ein umfangreiches Normalkollektiv errechnet sich für die untersuchten Schwankungsparameter ein mittlerer Variationskoeffizient von ca. 0,5 (errechnet nach Werten von 28). Der entsprechende Wert für die Variabilität der untersuchten Population Vestibulärkranker beträgt etwa 0,6. Somit besteht bei gesunden und erkrankten Personen eine gleichermaßen hohe interindividuelle Variabilität, die sich wie die genannte intraindividuelle Variabilität naturgemäß nachteilig auf die diagnostische Treffsicherheit des beschriebenen Untersuchungsverfahrens auswirken muß (23).

6.5. Auswirkungen einer Kälteanästhesie beider Fußsohlen

Im Rahmen der somatosensorischen Komponente sind im Bereich der Fußsohle lokalisierte Proprio- und Exteroceptoren am Zustandekommen der räumlichen Orientierung beteiligt (77). Veränderungen des registrierten Sohlenaufgedruckes und entsprechender Berührungsempfindungen stellen als Korrelate einer zugrundeliegenden Körperschwerpunktsverlagerung neben anderen Parametern eine wichtige Informationsquelle des Gleichgewichtsregulationssystems dar (21). WATANABE weist bei geeigneter experimenteller Reizung der plantaren Mechanorezeptoren eine deutliche Veränderung des Schwankungsverhaltens nach (103). Bereits 1862 beobachtete HEYD an gesunden Probanden ein typisches Romberg-Zeichen, wenn ihre Füße in Eiswasser bzw. Chloroformlösung eingetaucht sind (32). ORMA kann dieses Phänomen in Form einer erhöhten Schwankungsamplitude jedoch nur bei Frauen reproduzieren (69). STOLL hingegen registriert bei einseitiger Kälteanästhesie der Fußsohlen vermehrte Körperschwankungen (86).

Mit der hier beschriebenen Methode kann aber HEHL keine Auswirkung einer Standflächenabkühlung auf das Schwankungsverhalten eines Normalkollektivs verifizieren (28). Ebenso wenig zeigen in der vorlie-

genden Untersuchung die verschiedenen Patientengruppen bei beidseitiger Fußsohlenkälteanästhesie statistisch signifikante quantitative Veränderungen der analysierten Schwankungsparameter (Tab. 5 a,b). Dieses Ergebnis weist auf eine Beteiligung weiterer Somatosensoren hin, deren Funktion sich durch die beschriebene Vorgehensweise nicht beeinträchtigen läßt. So schreibt NASHNER den Hauptanteil somatosensorischer Kontrolle aufgrund experimenteller Befunde spezifischen Rezeptoren in Unterschenkelmuskulatur und Sprunggelenken zu (62,63). Der Ausschaltung plantarer Mechanozeptoren kommt also für die Beeinflussung des Schwankungsverhaltens nur geringe Bedeutung zu, wobei diese durch Einwirkung von im folgenden beschriebenen zusätzlichen Einflußfaktoren überlagert sein dürfte.

Ein Vergleich der Untersuchungsabschnitte zeigt nämlich in allen Patientengruppen eine geringe, statistisch nicht signifikante Erniedrigung der Mittleren Schwankungsamplitude und Schwankungsspurlänge auf abgekühlter Standfläche (Tab. 5 a,b). Zwei Tatsachen sind dafür ursächlich in Betracht zu ziehen.

In Zusammenhang mit der subjektiv höchst unangenehmen Sensation der Sohlenabkühlung steigt Aufmerksamkeitsgrad und Konzentration der Patienten an, was nach HELLEBRANDT eine Abnahme des Schwankungsumfanges zur Folge hat (29). So berichtet auch ORMA von einer geringgradigen Amplitudenverringering, wenn er Probanden eine Hand in Eiswasser eintauchen läßt (69).

Da in der methodisch bedingten Reihenfolge der Untersuchungsabschnitte der Stehversuch auf abgekühlter Unterlage jeweils an zweiter Stelle folgt, ist zusätzlich der schwankungsmindernde Einfluß eines gewissen Trainingseffektes zu beachten. Die Bedeutung eines solchen für die Untersuchung Gesunder mit Hilfe von Kraftmeßplattformen wird in der Literatur unterschiedlich beurteilt (14,35). Einige Autoren halten diesbezüglich die Existenz eines begrenzten Kurzzeitrainingseffektes, neben einem evtl. deutlicheren Langzeiteffekt, für wahrscheinlich (18,34). Zur Klärung dieser Frage sind weitere Untersuchungen, insbesondere auch an vestibulär kranken Probanden, unerläßlich.

Nachdem unterschiedliche Standflächentemperaturen ohne signifikanten Einfluß auf die Höhe der ermittelten Meßwerte geblieben sind, werden nachfolgend ausschließlich die auf warmer Unterlage gewon-

nenen Untersuchungsergebnisse diskutiert (Tab 5 a).

6.6. Verhalten der Mittleren Schwankungsamplitude

Unter den verschiedenen Untersuchungsbedingungen weisen sämtliche Patientengruppen gegenüber Normalpersonen eine statistisch signifikante Erhöhung der Mittleren Schwankungsamplitude auf (Tab 5 a). Im Durchschnitt erfolgt ein Anstieg auf das eineinhalb- bis zweifache der entsprechenden Normalmittelwerte. In der Gruppe der peripher- und zentral-vestibulär Kranken ist dieses Phänomen am ausgeprägtesten; Patienten mit cervikalem Schwindel weisen in beiden Bewegungsrichtungen jeweils die niedrigste Amplitudenzunahme auf. Übereinstimmende Angaben bzgl. vergrößerter Schwankungsamplitude bei verschiedenen Erkrankungen des vestibulären Systems finden sich in der Literatur in großer Zahl (4,13,23,41,46,51,52,54,55,60,63,93,106). DE WIT beobachtet diese Tatsache u.a. auch bei Patienten mit pathologischen Veränderungen im Bereich der Halswirbelsäule (106).

Der hinsichtlich des kollektiven Schwankungsverhaltens relativ deutliche Unterschied zwischen Patientengruppen und Normalbevölkerung darf jedoch nicht über die Tatsache hinwegtäuschen, daß je nach betrachteter Gruppe nur 20 % bis 66 % der jeweiligen Patienten abnorme Amplitudenwerte aufweisen (Tab. 6). In einem nicht unerheblichen Teil der untersuchten Fälle ist also individuell keine erkrankungs-

Schwankungsparameter	Visuelle Orientierung	Gruppe 1 Peripher- vestibulär	Gruppe 2 Zentral- Vestibulär	Gruppe 3 Cervikal
Mittlere Schwankungsamplitude	Fixation Augenschluß	66% 66%	59% 59%	21% 36%
Schwankungsspurlänge	Fixation Augenschluß	52% 59%	26% 59%	21% 21%
Schwankungsintensität	Fixation Augenschluß	39% 65%	22% 44%	7% 35%

Tab. 6 Prozentualer Anteil pathologischer Ausprägung der einzelnen Schwankungsparameter in den verschiedenen Patientengruppen

bedingte Amplitudenerhöhung nachweisbar. Nach Ansicht verschiedener

Autoren ist der Umfang eines solchen Anstiegs sowohl vom Schweregrad einer vestibulären Störung, als auch von ihrem Alter und dem Grad erfolgter Kompensation abhängig (5,41). Im zugrundeliegenden Patientenkollektiv wird jedoch ein solcher direkter Zusammenhang von initialem Ausmaß einer vestibulären Funktionsbeeinträchtigung, ihrem zentral-vestibulären Kompensationsgrad und der Höhe der Mittleren Schwankungsamplitude nicht ersichtlich. Das weite Spektrum individueller Funktionszustände von peripher- und zentral-vestibulärem System äußert sich in einer hohen Variabilität der Amplitudenwerte (vgl. Abschnitt 6.4.). Damit ist bei einem Teil der untersuchten Patienten das Auftreten pathologischer Werte nicht zu erwarten.

Im Allgemeinen wird die Mittlere Schwankungsamplitude als Indikator für die Effektivität der Gleichgewichtsregulation betrachtet (40). Weitgehend unabhängig von der Schwankungsfrequenz quantifiziert sie das Ausmaß der Schwerpunktsabweichung von der als Sollwert anzusehenden Ruhelage (40,71). Als Ausdruck einer Destabilisierung des Körpergleichgewichtes tritt eine Erhöhung der Schwankungsamplitude nach BLACK v.a. bei peripher-vestibulär lokalisierten Läsionen auf (10, 25). Eine derartige Instabilität ist nach den vorliegenden Beobachtungen in gleicher Weise aber auch bei Erkrankung des zentral-vestibulären Systems festzustellen. Bei beiden Patientengruppen steht ein Amplitudenanstieg in anterioposteriorer Bewegungsrichtung im Vordergrund, während die Minderung der Lateralstabilität etwas schwächer ausgeprägt erscheint. Ein identisches Schwankungsmuster beschreibt DICHGANS für Patienten mit Erkrankungen im Bereich des Cerebellums (23). Bei Personen mit cervikalem Schwindel steigt hingegen die Schwankungsamplitude für beide Bewegungsrichtungen in etwa gleichem Umfang an, sodaß ihr Schwankungsverhalten qualitativ dem gesunder Probanden entspricht. Bei diesen erreichen laterale und anterioposteriore Schwankungsamplitude etwa gleiches Niveau, während bei Patienten mit Erkrankung des peripher- und zentral-vestibulären Systems die anterioposteriore Amplitude um etwa 20 % überwiegt (Tab. 7).

Die Mittlere Schwankungsamplitude erweist sich bei Patienten gegenüber der Schwankungsspurlänge als der Parameter, welcher bei einer im Durchschnitt ausgeprägteren Erhöhung häufiger pathologisches Ausmaß erreicht.

6.7. Verhalten der Schwankungsspurlänge

Ähnlich wie für die Mittlere Schwankungsamplitude beschrieben, ist auch für die Schwankungsspurlänge bei allen drei Patientengruppen eine signifikante Erhöhung gegenüber entsprechenden Normalwerten nachzuweisen. In Ausnahme davon stimmt jedoch bei visueller Fixation die in anterioposteriorer Richtung zurückgelegte Schwankungstrecke mit derjenigen von Normalpersonen überein (Tab 5 a). Das Ausmaß des Parameteranstiegs entspricht für laterales Schwanken in etwa dem der Amplitude, bleibt jedoch bzgl. der anterioposterioren Bewegungsrichtung dahinter zurück. Die Schwankungsspurlänge erreicht somit in der Regel das eineinhalb- bis zweifache der Norm, wobei der Anstieg wiederum in der Gruppe der Patienten mit cervikalem Schwindel am geringsten ist. Entsprechende Beobachtungen an verschiedenen Gruppen peripher- und zentral-vestibulär Kranker teilen zahlreiche Autoren mit (41,43,46,54,55,88,91).

Je nach Diagnosegruppe liegt jedoch auch bezüglich dieses zweiten Schwankungsparameters nur ein Patientenanteil zwischen 20 % und 60 % außerhalb des Normalbereiches (Tab. 6). Nach Untersuchungen von KAGA et.al. und Ikegami et al. sollen wiederum Ausmaß, Alter und Kompensationsgrad einer peripher-vestibulären Störung die individuelle Höhe der Schwankungsspurlänge bestimmen (41,43). Takemori beschreibt einen entsprechenden Zusammenhang zwischen der Art einer zentral-vestibulären Erkrankung und dem Anstieg der Schwankungstrecke (91). In dieser Hinsicht zeigt die Beurteilung durch die genannten Autoren eine gewisse Parallelität des Verhaltens von Mittlerer Schwankungsamplitude und Schwankungsspurlänge. In Analogie zu den für die Mittlere Amplitude beschriebenen Verhältnissen (vgl. 6.6.) ist in der vorliegenden Untersuchung für die Schwankungsspurlänge ebenfalls keine direkte Korrelation von Höhe des entsprechenden Schwankungsparameters und Grad des vestibulären Funktionsdefizites zu verifizieren. Eine ausgeprägte interindividuelle Variabilität ist auch hier für die relativ geringe Zahl pathologischer Spurlängenmeßwerte verantwortlich zu machen.

Die Schwankungsspurlänge ist nach Ansicht verschiedener Autoren Ausdruck der zum Gleichgewichtserhalt erforderlichen Systemaktivität (40). Ihre Höhe stellt ein frequenzabhängiges Maß des entsprechenden Regulationsaufwandes dar (71). Ein Anstieg dieses besonders für schnelle Korrekturbewegungen empfindlichen Parameters spricht für

einen durch Störung des aufrechten Gleichgewichtes notwendiggewordenen Gegensteuerungsprozeß (25,46). HUFSCHMIDT und BLACK interpretieren einen solchen v.a. als Folge eines Defektes im zentral-vestibulären Integrationssystem (10,40). Nach den vorliegenden Untersuchungen ist eine erhöhte Schwankungsstrecke jedoch in gleicher Weise auch bei peripher-vestibulären Störungen anzutreffen.

Wie erwähnt entspricht unter der Bedingung visueller Fixation bei sämtlichen Patientengruppen die anterioposteriore Schwankungsspurlänge derjenigen von Normalpersonen, während unter identischen Voraussetzungen in lateraler Bewegungsrichtung eine Erhöhung nachzuweisen ist. Bei Patienten mit Veränderungen im Bereich der Halswirbelsäule vergrößert sich nach Augenschluß die Schwankungsstrecke bzgl. beider Bewegungsrichtungen in gleichem Umfang, so daß das

Schwankungsparameter	Visuelle Orientierung	Gruppe 1 Peripher-vestibulär	Gruppe 2 Zentral-vestibulär	Gruppe 3 Cervikal	Gesunde (28)
Mittlere Schwankungsamplitude	Fixation Augenschluß	1,29 1,21	1,22 1,13	1,00 1,03	1,01 1,05
Schwankungsspurlänge	Fixation Augenschluß	0,40 0,53	0,55 0,58	0,44 0,82	0,84 0,86

Tab. 7 Mittlerer Richtungsquotient anterioposterior/lateral
(errechnet als Mittelwert der Individualquotienten)

Schwankungsmuster qualitativ dem Gesunden entspricht. Dabei beträgt die anterioposteriore Schwankungsspurlänge etwa 85 % des entsprechenden Lateralwertes (Tab 7). In der Gruppe der peripher- und zentral-vestibulären Erkrankungen überwiegt dagegen ein Anstieg in Richtung der lateralen Bewegungsachse, so daß der Wert der anterioposterioren nur noch ca. 50 % der lateralen Schwankungsspurlänge erreicht (Tab. 7).

Bei den zuletzt genannten Patientengruppen wird ein einander entgegengesetztes Verhalten der beiden bisher untersuchten Parameter ersichtlich. Verglichen mit dem Normalkollektiv überwiegt in anterioposterioren Beobachtungsrichtung eine Erhöhung der Schwankungsamplitude, während bezogen auf die Lateralbewegungsachse ein Anstieg der Spurlänge dominiert. Eine hinsichtlich der Lateralstabilität des

Körpers überproportional erhöhte regulatorische Systemaktivität hält die Zunahme der entsprechenden Schwankungsamplitude auf einem relativ niedrigen Niveau, während sich in anterioposteriorer Richtung der Effektivitätsverlust der Gleichgewichtskontrolle bei geringer ansteigendem Gegenregulationsaufwand ausgeprägter darstellt.

6.8. Definition und Verhalten der sog. Schwankungsintensität

Eine Kombination aus frequenzabhängigem und frequenzunabhängigem Parameter trägt unter Umständen zusätzliche Information zur quantitativen Beschreibung von Körperschwankungen bei (71).

Im Folgenden wird die Summe entsprechender prozentualer Relativwerte von Mittlerer Schwankungsamplitude und Schwankungsspurlänge als Schwankungsintensität definiert. Insgesamt betrachtet sind deren Mittelwerte wie die der zugrundeliegenden Einzelparameter statistisch signifikant gegenüber den zugehörigen Normalwerten erhöht (Tab. 5). Einzige Ausnahme stellt ein nicht signifikanter Mittelwert für anterioposteriore Bewegungsrichtung bei visueller Fixation in der Patientengruppe mit cervikal bedingtem Schwindel dar. Als Ursache ist hier die relativ geringe Probandenzahl der Gruppe anzusehen. Der Gesamtanteil pathologischer Intensitätsmeßwerte liegt im Vergleich zu beiden Einzelparametern deutlich niedriger (Tab. 6). Bei isolierter Betrachtung der Intensitätswerte verringert sich je nach Patientengruppe der Anteil als pathologisch einzuordnender Probanden um bis zu 15 %. Andererseits ist durch Beurteilung der Intensitätswerte in Einzelfällen pathologisches Schwanungsverhalten nachzuweisen, wenn sowohl Amplitude als auch Schwankungsstrecke grenzwertig normale Werte aufweisen.

Zur Ergänzung einer optimalen Schwankungscharakterisierung kann die Berechnung des Parameters Schwankungsintensität somit durchaus einen sinnvollen Beitrag leisten; eine isolierte Anwendung ist dagegen nicht empfehlenswert.

6.9. Verhalten der Kraftschwerpunktverlagerung bei Augenschluß

Bei gesunden Probanden hat ein Verlust der visuellen Orientierung in Romberg-Haltung im Allgemeinen eine Vorwärtsverlagerung des Körperschwerpunktes zur Folge (31,59). Bei Anwendung der beschriebenen Methode läßt sich diese Tatsache durch Vergleich der Kraftschwerpunktsmittellage vor und nach Augenschluß bestätigen (28). Verschiedene Autoren betrachten eine Vorwärtsverlagerung des Körpers als stabilisierende Kompensation jeder durch unterschiedliche Einwirkungen her-

vorgerufenen Verringerung der Standsicherheit (25,86). In der beschriebenen Weise reagieren jedoch nur etwa 75 % der untersuchten Patienten auf die durch Augenschluß bewirkte zusätzliche Destabilisierung. Bei einem Viertel aller Kranken kommt es in dieser Situation zu einer Verschiebung der Mittleren Schwerpunktslage nach dorsal (Tab. 8). NAGAYAMA weist ein entsprechendes Verhalten bei 50 % der untersuchten Patienten mit peripher-vestibulären Erkrankungen nach. Seinen Beobachtungen zufolge ist eine Rückwärtsverlagerung des Körperschwerpunktes v.a. für akute, nicht kompensierte Labyrinthläsionen charakteristisch. Mit zunehmendem Läsionsalter nimmt demzufolge das Ausmaß dieser Verlagerung sukzessive ab, um schließlich der üblicherweise zu registrierenden Vorwärtsverschiebung Platz zu machen (59).

Patientengruppe	Anterioposteriore Verlagerung nach		Lateralverlagerung nach	
	Vorwärts	Rückwärts	Rechts	Links
Perihervestib.	76%	24%	48%	52%
Zentralvestib.	72%	28%	52%	48%
Cervikal	71%	29%	57%	43%
Insgesamt	74%	26%	51%	49%
Gesunde (28)	94%	6%	54%	46%

Tab. 8 Richtung der Schwerpunktsverlagerung bei Augenschluß -
Prozentuale Verteilung bei Patienten und Normalpersonen

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung entsprechen (unter dem Vorbehalt des Einflusses relativ geringer Probandenzahlen) der dargelegten Theorie. Während im Zustand partieller Kompensation einer peripher-vestibulären Erkrankung Vorwärts- und Rückwärtsverlagerung mit etwa gleicher Häufigkeit zu beobachten sind, entsprechen die Verhältnisse nach weitgehend vollzogener Kompensation annähernd denjenigen bei Normalpersonen (Tab. 9).

In analoger Weise bewirkt Augenschluß eine Kraftschwerpunktsverlagerung in lateraler Richtung. Innerhalb des gesamten betrachteten Patientenkollektivs sind dabei Rechts- und Linksverschiebung in etwa gleichem Maße vertreten (Tab. 8). Nach TAGUCHI und HUFSCHMIDT erfolgt im Falle einer akuten Labyrinthläsion bei Augenschluß eine posturographisch registrierbare Schwerpunktsverlagerung in Richtung

der langsamen Nystagmusphase (40,88). In Abhängigkeit vom Alter der Schädigung besteht eine derartige Korrelation in immer geringerem Umfang, sodaß bei kompensierten Störungen ein Zusammenhang zwischen Verlagerungsrichtung und Läsionsseite nicht mehr zu erkennen ist (23,59,86,91). Bei den untersuchten Patienten mit kompensierten peripher-vestibulären Erkrankungen kommen wie in den beiden anderen Gruppen Rechts- und Linksverlagerung unabhängig von der Seite der Läsion mit etwa gleicher Häufigkeit vor (Tab. 8). Auf eine detaillierte Aufschlüsselung zur Analyse des postulierten Zusammenhangs von Verlagerungsrichtung und Kompensationsgrad muß hier aufgrund zu geringer Patientenzahl verzichtet werden.

Stadium nach SCHERER (76)	Kompensa- tionsgrad	Schwerpunktsverla- gerung nach	
		Vorwärts	Rückwärts
I, II	partiell (n = 14)	57%	43%
III	weitgehend (n = 15)	87%	13%

Tab. 9 Kompensationsgrad einer peripher-vestibulären Störung und Richtung der Schwerpunktsverlagerung bei Augenschluß (vgl. Tab. 8)

NJIOKIKTJIEIEN weist in diesem Zusammenhang darauf hin, daß sich die Kraftschwerpunktsruhelage niemals in vollkommener Übereinstimmung mit dem Zentrum der Körpauflagefläche befindet. Es besteht vielmehr immer eine gewisse Abweichung nach rechts, bzw., etwas seltener, nach links (64). Schwerpunktsverlagerungen sind daher nicht unbedingt als Folge von Instabilität bzw. entsprechender Gegenregulation anzusehen. Wechsel des jeweils stärker belasteten Standbeines oder eine Veränderung der Gewichtsverteilung auf beide Beine kann sich in gleicher Weise als Lageveränderung des Kraftschwerpunktes auswirken (31,38).

Die Absolutwerte der jeweiligen Verlagerungsstrecken weisen eine im Vergleich zu anderen Parametern wesentlich deutlicher ausgeprägte Streuung auf. Statistisch signifikante Unterschiede zwischen Normalkollektiv und Patientengruppen sind daher nicht nachzuweisen, wenngleich die Mittelwerte der Patienten höher erscheinen (Tab. 5). Von

einer Diskussion quantitativer Charakteristika wird daher abgesehen. Die Aussagekraft der Absolutwerte der Kraftschwerpunktsverlagerung bei Augenschluß ist somit als relativ gering zu bewerten, wohingegen der Verlagerungsrichtung eine größere praktische Bedeutung beikommt.

6.10. Bedeutung der visuellen Kompensation vestibulärer Erkrankungen

BARANY führt die auf ROMBERG zurückgehende Stehprüfung in die Diagnostik vestibulärer bzw. cerebellärer Erkrankungen ein (2,75). Die Existenz eines typischen Romberg'schen Zeichens bei derartigen Läsionen ist seither Gegenstand lebhafter Diskussion. Nach NJIOKIKTJEN und VAN PARYS verändert ein Defekt im peripher- oder zentral-vestibulären System die Bedeutung der visuellen Orientierung für die Erhaltung des Gleichgewichts im aufrechten Stand nicht in nennenswertem Umfang (66,71). ROGERS bestreitet generell, daß Augenschluß bei derartigen Erkrankungen eine quantitativ meßbare Schwankungsvermehrung zur Folge hat (74). Mit diesen Feststellungen sind die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung nur schwer in Einklang zu bringen.

Der Einfluß visueller Orientierung auf den Umfang zu beobachtender Körperschwankungen läßt sich nach NJIOKIKTJEN und VAN PARYS in Form des sog. Romberg-Quotienten (RQ) quantifizieren (66,71). Definiert als Verhältnis einander entsprechender Absolutwerte nach und vor Augenschluß wird er für jeden Parameter gesondert ermittelt.

Ein Verlust der visuellen Orientierung erhöht bei gesunden Probanden die Mittlere Schwankungsamplitude um etwa 25 %, die Schwankungsspurlänge um etwa 45 % (28). Bei den verschiedenen Patientengruppen erreicht dagegen die entsprechende Zunahme jeweils das Doppelte der angegebenen Werte (Tab 10). Zusätzliche Erschwerung der räumlichen Orientierung vergrößert die bereits im Zustand maximalen Informationsflusses nachweisbare Instabilität der Kranken in beträchtlichem Maße. Die visuelle Registrierung auftretender Körperverschiebungen ist bei peripher- bzw. zentral-vestibulären Funktionsstörungen zur Sicherung einer effektiven Gleichgewichtskontrolle unerläßlich. Hinweise auf eine verstärkte Inanspruchnahme visueller Orientierungsinformation zum Ausgleich eines vestibulären Informations- bzw. Integrationsdefizits finden sich in zahlreichen Untersuchungen (13,43, 52,55). DICHGANS und BLACK betonen in diesem Zusammenhang ausdrücklich die Effektivität einer solchen visuellen Kompensation (12,22). Eine quantitativ unterschiedliche Ausprägung des Phänomens ist bei

verschiedenen Patientengruppen nicht festzustellen.

Hinsichtlich der Differenzierung verschiedenartiger vestibulärer Störungen kommt dem Romberg-Quotienten somit keine Bedeutung zu (66). Dagegen leistet er als quantitativer Indikator der visuellen

Schwankungsparameter	Bewegungsrichtung	Gruppe 1 Peripher- vestibulär	Gruppe 2 Zentral- vestibulär	Gruppe 3 Cervikal	Gesunde (28)
Mittlere Schwan- kungsamplitude	lateral anteriopost.	1,59 1,49	1,64 1,54	1,47 1,49	1,22 1,32
Schwankungs- spurlänge	lateral anteriopost.	2,08 2,50	2,17 2,00	1,75 2,13	1,45 1,45

Tab. 10 Mittlerer Romberg-Quotient als Verhältnis entsprechender Absolutwerte nach und vor Augenschluß (errechnet als Mittelwert der Individualquotienten)

Kompensation in Übereinstimmung mit den von ROMBERG und BARANY mitgeteilten Tatsachen einen wichtigen Beitrag zur Charakterisierung von Körperschwankungen (13).

6.11. Beurteilung der diagnostischen Eignung des Verfahrens

Nach vergleichender Analyse der drei Diagnosegruppen liegen keinerlei Hinweise auf erkrankungstypische Veränderungen der untersuchten Schwankungsparameter (Amplitude, Spurlänge und Intensität) vor. Zwar weicht das Schwankungsverhalten der Patienten qualitativ und quantitativ von dem Gesunder ab, ein entsprechender Zusammenhang zwischen Angriffsort einer Schädigung und zugehörigem Schwankungsmuster ist mit der zur Verfügung stehenden Methodik jedoch nicht zu verifizieren. HONJO interpretiert unter diesem Gesichtspunkt die individuelle Ausprägung der betrachteten Parameter als Ausdruck des jeweiligen Funktionszustandes der an der Gleichgewichtsregulation beteiligten Systeme. Der Charakter der zu beobachtenden Körperschwankungen ist in vielfältiger Weise sowohl von Art, Lokalisation und Schweregrad einer bestehenden Erkrankung, als auch von deren vestibulärer und nicht-vestibulärer Kompensation geprägt (38). Unter Berücksichtigung aller vorliegenden Erkenntnisse kommt einem derartigen Untersuchungsverfahren also keinerlei Bedeutung für eine topische bzw. ätiologische Diagnostik vestibulärer Erkrankungen zu (45,83,86).

Je nach betrachtetem Schwankungsparameter erreichen zwischen 7 % und 66 % der Patienten eine abnorme Meßwertausprägung (Tab. 6). Das Vorliegen einer isolierten Normwertüberschreitung für einen Parameter rechtfertigt jedoch noch nicht die Annahme einer Erkrankung des Vestibularapparates, nachdem eine derartige Konstellation bei nahezu jeder sechsten Normalperson nachweisbar ist (Tab. 11). Das Untersuchungsergebnis eines Patienten sollte erst dann als pathologisch klassifiziert werden, wenn es abnorme Meßwerte für mindestens zwei der erfaßten Parameter aufweist. Darüberhinausgehende Anforderungen an die diagnostische Trennschärfe (Spezifität) des vorgestellten Verfahrens haben - wie aus Tabelle 11 ersichtlich - eine rapide Abnahme des als auffällig einstufbaren Patientenanteils (Sensitivität) zur Folge.

Anzahl der Parameter mit Normwert-Überschreitung	Prozentualer Anteil der als pathologisch eingestuften Probanden			
	Gruppe 1 Peripher- vestibulär	Gruppe 2 Zentral- vestibulär	Gruppe 3 Cervikal	Gesunde (28)
mindestens 1	100%	81%	64%	16%
mindestens 2	93%	66%	43%	9%
mindestens 3	66%	51%	14%	5%
alle 6	17%	11%	7%	-

Tab. 11 Prozentualer Anteil als pathologisch eingestuftter Patienten in Abhängigkeit von der Strenge der Einschlusskriterien (Anzahl der Parameter mit Normwertüberschreitung)

Nach den beschriebenen Kriterien werden über 90 % der peripher- und etwa zwei Drittel der zentral-vestibulär Kranken anhand verstärkter Körperschwankungen als pathologisch eingeordnet. Bei Patienten mit cervikalem Schwindel liegt der entsprechende Anteil bei etwa 40 % (Tab. 11). Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß in der letztgenannten Gruppe Beschwerden überwiegend anfallsartig durch bestimmte Kopfbewegungen bzw. -drehungen auszulösen sind, erscheint eine höhere Treffsicherheit bei Untersuchung in Romberg-Haltung unter Vermeidung der genannten Provokationsfaktoren unwahrscheinlich (39,77). Hinsichtlich der beiden anderen Patientengruppen beträgt die Sensitivität vergleichbarer Verfahren nach Literaturangaben zwischen 30 % und 60 %, wobei die Zusammensetzung des zugrundegelegten Patienten-

kollektivs von entscheidender Bedeutung ist (11,86,101).

Angesichts einer insgesamt relativ niedrigen Treffsicherheit verbietet sich ein Einsatz des beschriebenen Untersuchungsverfahrens im Sinne eines ungezielten Screenings größerer Patientenzahlen (101). Seine Hauptbedeutung liegt vielmehr in einer Ergänzung des zur Diagnostik vestibulärer Erkrankungen zur Verfügung stehenden Methodenspektrums. Eine quantitative Erfassung, Beurteilung und Dokumentation der in Romberg-Haltung zu beobachtenden Körperschwankungen bildet die Grundlage einer objektiven Untersuchung der vestibulospinalen Funktion. Die Effektivität einer Verlaufskontrolle entsprechender Erkrankungen ist davon in nicht unerheblichem Maße abhängig. Bei geeignetem klinischen Einsatz sollte sich der praktische Nutzen des vorgestellten Untersuchungsverfahrens entgegen der von einigen Autoren geäußerten Bedenken ohne Schwierigkeiten nachweisen lassen (42, 85).

7. Zusammenfassung

Ein computergesteuertes piezoelektrisches Meßverfahren ermöglicht eine quantitative Untersuchung des Schwankungsverhaltens von 70 vestibulär kranken Patienten. Die Analyse der Parameter Mittlere Schwankungsamplitude und Schwankungsspurlänge zeigt im Mittel eine signifikante Erhöhung gegenüber einem entsprechenden Vergleichskollektiv, welche sich bei Patienten mit peripher- und zentral-vestibulären Störungen ausgeprägter darstellt als bei solchen mit cervikalem Schwindel. Ein nicht unerheblicher Teil der Kranken kommt jedoch innerhalb des Normbereichs der einzelnen Parameter zu liegen. Einer besonders ausgeprägten Amplitudenerhöhung in anterioposteriörrer Schwankungsrichtung steht dabei eine überproportionale Zunahme der Schwankungsspurlänge entlang der Lateralachse gegenüber. Bei Augenschluß ist unabhängig von der Erkrankungslokalisation in etwa einem Viertel aller Fälle eine Rückverlagerung des Kraftschwerpunktes festzustellen, worin ein eindeutiger Gegensatz zu der als physiologisch betrachteten, stabilisierenden Körpervorverlagerung zu sehen ist. Eine entsprechende Lateralverschiebung erfolgt unabhängig von der Läsionsseite mit etwa gleicher Häufigkeit nach rechts bzw. links. Gegenüber Normalpersonen profitieren vestibulär Kranke nach den vorliegenden Erkenntnissen in verstärktem Maße von der Verarbeitung visueller Orientierungsinformation, was sich in einem überproportionalen Anstieg von Schwankungsamplitude und -spurlänge bei Augenschluß (quantifizierbar in Form des sog. Romberg-Quotienten) ausdrückt. Kälteanästhesie beider Fußsohlen stellt offensichtlich keine vergleichbare Störung des somatosensorischen Systems dar, nachdem diese Maßnahme ohne Auswirkung auf das Schwankungsverhalten Kranker und Gesunder bleibt. Unter Berücksichtigung der aufgeführten Vorbehalte wird das beschriebene Verfahren bei geeigneter Anwendung seine Bedeutung im Rahmen des zur Diagnostik vestibulärer Erkrankungen zur Verfügung stehenden Methodenspektrums erlangen.

8. Literaturverzeichnis

- (1) Andres, R., D. Anderson: Designing a Better Postural Measurement System; Amer. J. Otolaryngol., 1980, Vol 1, Nr 3, 197-206
- (2) Barany, R.: Neue Untersuchungsmethoden, die Beziehung zwischen Vestibularapparat, Kleinhirn, Großhirn und Rückenmark betreffend; Wiener Med. Wschr., 60, 2033, 1910
- (3) Baron, J., J. Bobot, J. Bessineton: Statokinesimetrie; Presse Med., 64, 36: 863, 1956
- (4) Baron, J., N. Ushio, M. Tangapregassom: Orthostatic postural activity disorders recorded by statokinesimeter in post-concussional syndromes: oculomotor aspect; Clinical Otolaryngology, 1979, 4, 169-174
- (5) Bazarov, V.: Statokinetic Stability in Vestibular Disturbances; Vestn. Oto-Rhino-Laryng 1976, 38/1, 14-19
- (6) Begbie, G.: The effect of alcohol and varying amounts of visual information on a balancing test; Ergonomics, 9, 325-333, 1966
- (7) Begbie G.: Some Problems of Postural Sway; in: De Reick, T., P. Knight; Symposium on Myotatic, Kinaesthetic and Vestibular Mechanisms, 80-92, 1967, CIBA
- (8) Bensel, C., E. Dzendolet: Power Spectral Density Analysis of the Standing Sway of Males; Perception and Psychophysics, Vol 4(5), 1968, 285-288
- (9) Bessineton, J., M. Pacifici, G. Bizzo, J. Baron: Statokinesigrammes, taille, poids, sexe, reproductibilite; Agressologie 1976, 17B, 49-54
- (10) Black, F., D. O'Leary, C. Wall, J. Furman: The Vestibulospinal Stability Test: Normal Limits; Transact. of the Am. Ac. of Ophth. and Otolaryng. 84: 549-560, 1977
- (11) Black, F., C. Wall: Comparison of Vestibulo-ocular and Vestibulo-spinal Screening Tests; Otolaryngol. Head Neck Surg. 89: 811-817, 1981
- (12) Black, F., C. Wall, L. Nashner: Effects of Visual and Support Surface Orientation References upon Postural Control in Vestibular Deficient Subjects; Acta Otolaryngol. 95, 199-210, 1983
- (13) Black, F., C. Wall, D. O'Leary: Computerized Screening of the

- Human Vestibulospinal System; Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. 87: 853-861, 1978
- (14) Black, F., C. Wall, H. Rockette, R. Kitch: Normal Subject Postural Sway during the Romberg Test; Am. J. Otolaryngol. 3, 309, 1982
 - (15) Bles W., T. Kapteyn, T. Brandt, F. Arnold: The Mechanism of Physiological Height Vertigo II. Posturography; Acta Otolaryngol 89, 534-540, 1980
 - (16) Bles, W., T. Kapteyn, G. DE Wit: Effects of Visual-Vestibular Interaction on Human Posture; Adv. Oto-Rhino-Laryng., Vol 22, 111-118, 1977
 - (17) Boudenne, S., J. Belegaud, J. Baron, Y. Rouquet, R. Noto, H. Pacifici, J. Bessineton: Effects de la fumee de cigarette sur l' activite tonique posturale. aspects toxicologique, rheo-graphique et statokinesimetrique; Agressologie 1977, 18A, 1-8
 - (18) Brandt, T., S. Krafcyk, I. Malsbenden: Postural Imbalance with Head Extension: Improvement by Training as a Model for Ataxia Therapy; Annals New York Acad. of Science, 1981, Vol 374, 636-649
 - (19) Galseyde, van de, P., W. Ampe, M. Depondt: ENG and the Cervical Syndrome Neck Torsion Nystagmus; Adv. Oto-Rhino-Laryng, Vol 22, 119-124, 1977
 - (20) Cernacek, J., J. Jager, B. Harmann, S. Vyskocil: Stabilographic Findings in Central Vestibular Disturbances; Agressologie 1973, 14D, 21-26
 - (21) Clausen, C.; Die objektive Aufzeichnung und quantitative Auswertung von Raumorientierungsaufgaben mittels eines photooptischen Schnelltestes, der Craniocorpographie; in: Clausen, C. (Hrsg.): Gleichgewichtsprüfung und Arbeitsmedizin, Bd. VIII, Verhandlungen der Gesellschaft f. Neurootologie u. Äquilibrimetrie e. V., 1981, 107-150
 - (22) Dichgans, J., T. Brandt: Visual-Vestibular Interactions: Effects on Self-Motion-Perception and Postural Control; in: Held, R., H. Leibowitz, H. Teuber (ed.), Handbook of Sensory Physiology, Vol VIII, 1978, 756-795
 - (23) Dichgans, J., K. Mauritz, J. Allum, T. Brandt: Postural Sway in Normals and Atactic Patients: Analysis of the Stabilizing and

Destabilizing Effects of Vision; *Agressologie* 1976, 17C, 15-24

- (24) Fernie, G., P. Holliday: Postural Sway in Amputees and Normal Subjects; *J. Bone & Joint Surg.*, 60A, No 7, 895-898, 1978
- (25) Fitger, C., T. Brandt: Posturography of Ataxia induced by Coriolis- and Purkinje-Effects; *Aviat. Space Environ. Med.* 53(2), 153-161, 1982
- (26) Gurfinkel, E.: Physical Foundations of Stabilography; *Agressologie* 1973, 14C, 9-14
- (27) Hamann, K., P. Vidal, J. Sterkers, A. Barthoz: A New Test for Postural Disorders: an Application of Visual Stabilization; *Agressologie* 1979, 20B, 129-130
- (28) Hehl, K.: Posturographische Analyse an einem Normalkollektiv; Inaugural-Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München, 1985
- (29) Hellebrandt, F.: Standing as a Geotropic Reflex; *Am. J. Physiol.* 121, 471-474, 1938
- (30) Hellebrandt, F., R. Trepper, G. Braun, M. Elliott: The Location of the Cardinal Anatomic Orientation Planes Passing through the Centre of Weight in Young Adult Women; *Am. J. Physiol.* 121, 465-470, 1938
- (31) Henrikson, N., G. Johansson, L. Olson, H. Östlund: Electric Analysis of the Romberg-Test; *Acta Otolaryngol.*, Suppl. 224, 272-279, 1967
- (32) Heyd, W.: Der Tastsinn der Fußsohle als Äquilibrationmittel des Körpers beim Stehen, 1862, Tübingen
zit. nach: Harris, S: Mammalian Plantar Reflexes in Terms of Afferent Fibers; *Am. J. Physiol.* 124, 117-125, 1938
- (33) Hinsdale, G.: The Station of Man Considered Physiologically and Clinically; *Am. J. Med. Sci.* 93, 478, 1887
- (34) Holliday, P., G. Fernie: Changes in the Measurement of Postural Sway Resulting from Repeated Testing; *Agressologie* 1979, 20/4, 225-228
- (35) Holtmann, S., H. Scherer: Intra- und interindividuelle Unterschiede beim Romberg-Test; *Arch. of Oto-Rhino-Laryngol.* 235, 617-620, 1982

- (36) Holtmann, S., H. Scherer: Die Eichung des elektronisch ausgewerteten Romberg-Tests; Laryng. Rhinol. Otol. 63 (1984), 375-377
- (37) Holtmann, S., H. Scherer: Das Schwankungsverhalten Gesunder und seine Darstellung; in Vorbereitung
- (38) Honjo, S.: Some Problems of the Static Function Test I; Otolaryngolog (Tokyo) 1970, 42/11, 897-903
Honjo, S.: Some Problems of the Static Function Test II; Otolaryngolog (Tokyo) 1971, 43/12, 981-987
- (39) Hülse, M.: Die Cervikalen Gleichgewichtsstörungen, S. 63, Berlin, 1983
- (40) Hufschmidt, A., J. Dichgans, K. Mauritz, M. Hufschmidt: Some Methods and Parameters of Body Sway Quantification and their Neurological Application; Arch. Psychiatr. Nervenkr. 228, 135-150, 1980
- (41) Ikegami, A., K. Tokumasu, A. Fujino, S. Nishihata: Study on Amplitude and Velocity of Movement of the Center of Gravity in Romberg's Posture; VIIth Internat. Symp.: Vestibular and Visual Control on Posture and Locomotor Equilibrium, Houston, 1983
- (42) Jongkees, L.: Physiologie und Untersuchungsmethoden des Vestibularsystems; in: Berendes, J., R. Link, F. Zöllner (Hrsg.), HNO-Heilkunde in Praxis und Klinik, Bd. 5, 2. Aufl., S. 16.48-16.50, Stuttgart, 1979
- (43) Kaga, K., H. Maeda, R. Marsh: The Effect of Optical Reversal on Standing Posture to be used as a Screening Test; Agressologie 1983, 24/2, 77-78
- (44) Kapteyn, T.: Afterthought about the Physics and Mechanics of the Postural Sway; Agressologie 1973, 14C, 27-35
- (45) Kapteyn, T.: Without any Standardization no General Application of the Posturography; VIIth Internat. Symp.: Vestibular and Visual Control on Posture and Locomotor Equilibrium, Houston, 1983
- (46) Kapteyn, T., W. Bles: Effects of Optic and Vestibular Stimuli on the Stabilogramms of Patients with Dizziness Complaints; Agressologie 1976, 17D, 25-29

- (47) Kapteyn, T., W. Bles, C. Njikiktjien, L. Kodde, C. Massen, J. Mol: Standardization in Platform Stabilometry being a Part of Posturography; *Agressologie* 1983, 24/7, 321-326
- (48) Kapteyn, T., G. de Wit: Posturography as an Auxiliary in Vestibular Investigation; *Acta Otolaryngol.* 73: 104-111, 1972
- (49) Kistler AG: Betriebs- und Serviceanleitung zur Mehrkomponentenmeßplattform Typ 9261A; Wintherthur, 1974
- (50) Kitahara, M.: Acceleration Registography; *Ann. of Otol. (St. Louis)*, 74, 203-215, 1965
- (51) Kubiczkowa, J., J. Olton, F. Skibniewski: Comparison between the Frequency Analysis of the Sway and the Stabilograms in Normals and in Subjects with Vestibular Dysfunction; VIIth Internat. Symp.: Vestibular and Visual Control on Posture and Locomotor Equilibrium, Houston, 1983
- (52) Kubiczkowa, J., F. Skibniewski, J. Olton: Analysis of Effect of Visual Feedback in Patients with Vestibular Dysfunction; *Agressologie* 1983, 24/2, 137-138
- (53) Litvinenkova, V., L. Liska, M. Konikova, L. Stachova: Effect of Noise on the Regulation of Posture; *CS. HYG.* 1975, 20/5, 236-239
- (54) Matsuoaka, T., S. Fuwa: Quantitative Analysis of Body Sway while Standing - in cases with Labyrinthine Disorders; *J. Transport Med. (Tokyo)* 1979, 33/2, 127-135
- (55) Mauritz, K., J. Dichgans, A. Hufschmidt: Quantitative Analysis of Stance in Late Cortical Cerebellar Atrophy of the Anterior Lobe and other Forms of Cerebellar Ataxia; *Brain*, 102, 461-482, 1979
- (56) Miksl, R., K. Kostanecka: The Influence of Noise upon the Upright Posture Stability by means of a Stabilographic Method; *Univ. Palacki Olumuc Fac. Med.* 1975, No 74, 197-205
- (57) Mitchel, S., M. Lewis: The Tendon-Jerk and Muscle-Jerk in Disease and especially in Posterior Sclerosis; *Am. J. Med. Sci.* 92, 1886, 363
- (58) Murray, M., A. Seireg, S. Sepic: Normal Postural Stability and Steadiness: Quantitative Assessment; *J. Bone & Joint Surg.* 57A, No 4, 510-516, 1975

- (59) Nagayama, I., S. Takeuchi, K. Ueda, Y. Okabe: Measurement of Deviation of Body Sway; *Agressologie* 1983, 24/2, 139-140
- (60) Nakamura, S., Y. Mimori, Y. Sako, M. Kameyana, T. Miyoshi; Statokinesigraphy on Aged Subjects and Patients with Spinocerebellar Degeneration; *Agressologie* 1983, 24/2, 153-154
- (61) Nashner, L.: A Model Describing Vestibular Detection of Body Sway Motion; *Acta Otolaryngol.* 72, 429-436, 1971
- (62) Nashner, L.: Vestibular Postural Control Model; *Kybernetik* 10, 106-110, 1972
- (63) Nashner, L., F. Black, C. Wall: Adaption to Altered Support and Visual Conditions during Stance: Patients with Vestibular Deficits; *J. of Neuroscience*, 2, 536, 1981
- (64) Njiokiktjien, C., W. de Rijke: The Recording of Romberg's Test and its Application in Neurology; *Agressologie* 1972, 13C, 1-7
- (65) Njiokiktjien, C., J. Folkerts: Displacement of the Body's Centre of Gravity at Galvanic Stimulation of the Labyrinth; *Confin. neurol.* 33: 46-54, 1971
- (66) Njiokiktjien, C., J. van Parys: Romberg's Sign Expressed in a Quotient. II.- Pathology; *Agressologie* 1976, 17D, 19-24
- (67) Norre, M., L. Peeraer: Some Remarks on Statokinesimetric Evaluation; *Agressologie* 1983, 24/2, 109
- (68) Okubo, J., I. Watanabe, T. Takeya, J. Baron: Influence of Foot Position and Visual Field Condition in the Examination for Equilibrium Function and Sway of the Center of Gravity in Normal Subjects; *Agressologie* 1979, 20/2, 127-132
- (69) Orma, E.: The Effect of Cooling the Feet and Closing the Eyes on Standing Equilibrium. Different Patterns of Standing Equilibrium in Young Adult Men and Women; *Acta physiol. scand.* 38, 288, 1956
- (70) Overstall, P., A. Exton-Smith, F. Imms, A. Johnson: Falls in the Elderly Related to Postural Imbalance; *British Medical J.*, 1, 261-264, 1977
- (71) Parys, van J., C. Njiokiktjien: Romberg's Sign Expressed in a Quotient; *Agressologie* 1976, 17B, 95-100
- (72) Patat, A., P. Foulhoux: Study of Residual Effects of Hypnotics

Assessed by Spectral Analysis of Body Sway; VIIth Internat. Symp.: Vestibular and Visual Control on Posture and Locomotor Equilibrium, Houston, 1983

- (73) Reicke, N.: Vestibulo-spinalen Prüfungen; in: Dt. Gesellschaft f. HNO-Heilkunde, Kopf- und Halschirurgie (Hrsg.), HNO-Information, Sonderheft: Methoden zur Untersuchung des vestibulären Systems, S. 64-67, 1980
- (74) Rogers, J.: Romberg and his Test; The Journal of Laryngology and Otology, 1980, 94, 1401-1404
- (75) Romberg, M. H.: Lehrbuch der Nervenkrankheiten des Menschen, 1. Bd., Berlin, 1840, S. 228
- (76) Scherer, H.: Provoked Vestibular Nystagmus and Caloric Reactions after Sudden Loss of Vestibular Function; Adv. Oto-Rhino-Laryng., Vol 27, 168-175, 1981
- (77) Scherer, H.: Die Räumliche Orientierung; Münchn. Med. Wschr. 124, 1982, Nr. 11, 261-267
- (78) Scherer, H.: Das Gleichgewicht; Berlin, 1984
- (79) Scherer, H., G. Schultheiß: Die graphische Registrierung und rechnergesteuerte Auswertung der Romberg-Tests; Arch. ORL (Berl), 231, 624-625, 1981
- (80) Schmidt, R.: Grundriß der Neurophysiologie; 4. Aufl., Berlin, 1979, S. 193
- (81) Schöne, H.: Orientierung im Raum - Formen und Mechanismen der Lenkung des Verhaltens im Raum bei Mensch und Tier; 2. Aufl., Stuttgart, 1983
- (82) Scott, D., E. Dzendolet: Quantification of Sway in Standing Humans; Agressologie 1972, 138, 35-40
- (83) Shimamoto, K.: Clinical Studies on Human Erect Posture; Bull. Yamaguchi Med. Sch. 1975, 22/3, 561-591
- (84) Stevens, D., G. Tomlinson: Measurement of Human Postural Sway; Proc. Roy. Soc. Med. 64, 653-655, 1971
- (85) Stockwell, C.: Posturography; Otolaryngol. Head Neck Surg. 89, 333-335, 1981
- (86) Stoll, W.: Der Kippbühnenstehetest; Arch. Otolaryngol. 234, 105-123, 1982

- (87) Stribley, R., J. Albers, W. Tourtelotte, J. Cockrell: A Quantitative Study of Stance in Normal Subjects; Arch. Phys. Med. Rehabil., Vol 55, 1974, 74-80
- (88) Taguchi, K.: Characteristics of Body Sway in Patients with Peripheral Vestibular Disorders; Adv. Oto-Rhino-Laryng., Vol 25, 144-148, 1979
- (89) Taguchi, K.: Relationship between the Head's and the Body's Center of Gravity During Normal Standing; Acta Otolaryngol. 90: 100-105, 1980
- (90) Taguchi, K., M. Iijima, T. Suzuki: Computer Calculation of Movement of Body's Center of Gravity; Acta Otolaryngol. 85: 420-425, 1978
- (91) Takamori, S., T. Aiba, R. Shiozawa: Gravity Center and Spontaneous Nystagmus; Aggressologie 1983, 24/2, 135
- (92) Takeya, T.: Study of Body Movement; Otologia (Fukuoka), 1976, 22/5, 608-621
- (93) Terekhov, Y.: Stabilometry as a Diagnostic Tool in Clinical Medicine; J. Can. Med. Assoc. 9, Vol 115, 631-633, 1976
- (94) Terekhov, Y.: Stabilometry and some Aspects of its Application - a Review; Biomed. Engin. 1, 1976, 12-15
- (95) Thomas, D., R. Whitney: Postural Movements During Normal Standing in Man; J. Anat. (London) 93, 524-539, 1959
- (96) Tokita, T., M. Maeda, H. Miyata: The Role of the Labyrinth in Standing Posture Regulation; Acta Otolaryngol. 91, 521-527, 1981
- (97) Tokita, T., H. Miyata, T. Matsuoka, T. Taguchi, R. Shimada: Correlation Analysis of the Body Sway in Standing Posture; Aggressologie 1976, 17B, 7-14
- (98) Tokita, T., T. Taguchi, T. Matsuoka: A Study on Labyrinthine Ataxia with Special Reference to Proprioceptive Reflexes; Acta Otolaryngol. 74: 104-112, 1972
- (99) Uchytel, B.: Methode der objektiven Aufzeichnung vestibulospinaler Reflexe; Monatsschr. f. Ohrenheilkunde, 554-558, 1961
- (100) Vierordt, C.: Grundriß der Physiologie des Menschen; Frankfurt, 1860

- (101) Wall, C., F. Black: Postural Stability and Rotational Tests: their Effectiveness for Screening Dizzy Patients; Acta Otolaryngol. 95: 235-246, 1983
- (102) Watanabe, I., J. Okubo: Effect of Anti-Motion Sickness Drugs on Postural Equilibrium - Observation by Gravicorder; Jpn. J. Aerosp. Med. Psychol. 1978, 15/2, 43-51
- (103) Watanabe, I., J. Okubo: The Role of the Plantar Mechanoreceptor in Equilibrium Control; Ann. NY Acad. Science, 1981, Vol 374, 855-864
- (104) Wit, de G.: Analysis of the Stabilographic Curves; Agressologie 1972, 13C, 79-83
- (105) Wit, de G.: Optic versus Vestibular and Proprioceptive Impulses, Measured by Posturometry; Agressologie 1972, 13B, 75-79
- (106) Wit, de G.: The Stabilometry as an Auxiliary in Investigations of Patients with Vestibular Disturbances; Agressologie 1973, 14D, 27-31

9. Anhang: Tabellarische Darstellung der Einzelergebnisse der 70

Patienten und der zugehörigen Normalwerte Gesunder

Gruppe 1 Peripher- vestibulär			Gruppe 2 Zentral- vestibulär			Gruppe 3 Cervikal		
Nr.	ap	lat.	Nr.	ap	lat.	Nr.	ap	lat.
1	178	185	1	141	168	1	101	118
2	432	457	2	86	120	2	122	110
3	257	135	3	196	222	3	138	129
4	140	134	4	110	75	4	166	149
5	192	107	5	64	65	5	110	133
6	161	97	6	78	66	6	150	196
7	132	94	7	233	143	7	140	156
8	282	366	8	116	55	8	206	125
9	192	107	9	293	240	9	176	162
10	206	162	10	290	147	10	86	96
11	164	90	11	174	118	11	292	226
12	299	246	12	145	92	12	115	159
13	271	322	13	216	133	13	146	179
14	239	186	14	151	189	14	203	206
15	90	132	15	242	164			
16	285	233	16	89	87			
17	164	210	17	118	115			
18	119	171	18	318	402			
19	189	187	19	245	159			
20	211	85	20	219	192			
21	120	168	21	196	169			
22	364	239	22	198	239			
23	220	180	23	108	169			
24	321	134	24	206	145			
25	158	108	25	181	103			
26	83	83	26	204	314			
27	205	152	27	199	183			
28	241	126						
29	79	105						

a) Patienten (prozentuale Relativwerte)

	ap	lat.
V	0,040	0,037
E	0,23	0,21
%	100	100

b) Zugehörige Normalmittelwerte Gesunder

Tab. I Mittlere Schwankungsamplitude bei Fixation und warmer Stand-
fläche

Gruppe 1 Peripher- vestibulär			Gruppe 2 Zentral- vestibulär			Gruppe 3 Cervikal		
Nr.	ap	lat.	Nr.	ap	lat.	Nr.	ap	lat.
1	128	153	1	86	125	1	72	93
2	436	447	2	86	133	2	114	147
3	202	179	3	142	140	3	237	211
4	308	182	4	141	67	4	289	238
5	336	122	5	154	155	5	176	169
6	165	126	6	155	132	6	181	163
7	259	342	7	235	173	7	108	123
8	270	304	8	108	91	8	141	144
9	158	147	9	310	269	9	181	158
10	185	204	10	214	173	10	131	113
11	151	143	11	231	283	11	242	311
12	378	353	12	98	159	12	275	209
13	257	262	13	156	141	13	142	160
14	202	218	14	200	258	14	191	206
15	143	118	15	188	145			
16	224	244	16	101	118			
17	221	292	17	175	113			
18	243	231	18	1206	668			
19	238	186	19	269	284			
20	201	125	20	312	309			
21	193	178	21	231	184			
22	531	364	22	214	210			
23	326	283	23	161	193			
24	183	193	24	323	214			
25	138	114	25	238	181			
26	132	97	26	319	487			
27	157	135	27	251	238			
28	226	133						
29	148	170						

a) Patienten (prozentuale Relativwerte)

	ap	lat.
V	0,048	0,048
E	0,28	0,28
%	100	100

b) Zugehörige Normalmittelwerte Gesunder

Tab. II Mittlere Schwankungsamplitude nach Augenschluß auf warmer Standfläche

Gruppe 1 Peripher- vestibulär			Gruppe 2 Zentral- vestibulär			Gruppe 3 Cervikal		
Nr.	ap	lat.	Nr.	ap	lat.	Nr.	ap	lat.
1	164	156	1	122	123	1	124	173
2	279	466	2	71	77	2	104	136
3	197	93	3	149	165	3	146	141
4	137	87	4	117	60	4	163	180
5	123	77	5	174	98	5	100	116
6	118	166	6	66	96	6	438	408
7	301	272	7	337	174	7	110	89
8	196	217	8	109	75	8	186	96
9	126	175	9	257	144	9	187	149
10	120	128	10	318	70	10	90	94
11	136	122	11	204	137	11	226	222
12	208	190	12	147	139	12	132	121
13	125	180	13	120	96	13	112	153
14	203	192	14	144	155	14	129	112
15	160	90	15	177	126			
16	183	165	16	80	93			
17	200	107	17	111	94			
18	127	117	18	324	427			
19	228	157	19	156	209			
20	135	118	20	102	152			
21	168	132	21	219	101			
22	310	131	22	232	145			
23	222	187	23	152	230			
24	180	126	24	173	122			
25	152	114	25	153	103			
26	112	87	26	189	328			
27	156	148	27	301	243			
28	302	96						
29	87	96						

a) Patienten (prozentuale Relativwerte)

	ap	lat.
V	0,040	0,037
E	0,23	0,21
%	100	100

b) Zugehörige Normalmittelwerte Gesunder

Tab. III Mittlere Schwankungsamplitude bei Fixation und kalter Standfläche

Gruppe 1 Peripher- vestibulär			Gruppe 2 Zentral- vestibulär			Gruppe 3 Cervikal		
Nr.	ap	lat.	Nr.	ap	lat.	Nr.	ap	lat.
1	121	139	1	130	108	1	89	126
2	283	321	2	78	75	2	72	111
3	171	152	3	150	158	3	311	162
4	239	222	4	129	89	4	247	227
5	307	122	5	126	100	5	220	148
6	231	140	6	100	101	6	214	169
7	324	247	7	326	212	7	144	121
8	180	173	8	70	122	8	197	76
9	172	127	9	452	211	9	189	168
10	187	165	10	244	178	10	138	102
11	201	182	11	210	205	11	307	307
12	232	210	12	193	167	12	210	202
13	280	254	13	213	128	13	181	145
14	218	176	14	218	198	14	212	152
15	212	188	15	169	161			
16	221	174	16	116	78			
17	184	300	17	139	140			
18	250	159	18	1104	1209			
19	218	160	19	284	248			
20	129	175	20	216	238			
21	181	153	21	249	175			
22	428	325	22	193	210			
23	340	232	23	165	242			
24	142	165	24	173	146			
25	159	121	25	189	156			
26	178	108	26	308	480			
27	136	166	27	249	312			
28	172	111						
29	126	119						

a) Patienten (prozentuale Relativwerte)

	ap	lat.
V	0,048	0,048
E	0,28	0,28
%	100	100

b) Zugehörige Normalmittelwerte Gesunder

Tab. IV Mittlere Schwankungsamplitude nach Augenschluß auf kalter Standfläche

Gruppe 1 Peripher- vestibulär			Gruppe 2 Zentral- vestibulär			Gruppe 3 Cervikal		
Nr.	ap	lat.	Nr.	ap	lat.	Nr.	ap	lat.
1	178	173	1	71	176	1	228	148
2	961	335	2	456	139	2	120	120
3	34	131	3	165	207	3	57	111
4	42	112	4	78	64	4	109	112
5	34	118	5	47	93	5	36	119
6	11	93	6	62	56	6	41	120
7	26	93	7	115	161	7	26	102
8	102	205	8	25	45	8	31	141
9	59	119	9	273	168	9	40	163
10	31	137	10	40	98	10	55	97
11	18	118	11	205	143	11	118	221
12	119	216	12	29	87	12	30	109
13	208	310	13	26	113	13	35	112
14	87	170	14	97	146	14	99	152
15	26	119	15	53	132			
16	106	194	16	27	92			
17	54	218	17	36	105			
18	90	258	18	149	315			
19	158	257	19	106	207			
20	31	144	20	101	218			
21	134	220	21	94	148			
22	98	164	22	98	189			
23	57	173	23	43	108			
24	62	156	24	41	114			
25	30	133	25	64	140			
26	26	91	26	219	553			
27	92	152	27	56	170			
28	39	91						
29	36	144						

a) Patienten (prozentuale Relativwerte)

	ap	lat.
V	2,22	2,59
E	13,05	15,24
%	100	100

b) Zugehörige Normalmittelwerte Gesunder

Tab. V Schwankungsspurlänge bei Fixation und warmer Standfläche

Gruppe 1 Peripher-
vestibulär

Nr.	ap	lat.
1	338	131
2	872	637
3	111	176
4	69	182
5	45	122
6	43	123
7	255	218
8	208	230
9	105	163
10	78	186
11	122	160
12	183	424
13	154	308
14	137	239
15	46	106
16	171	229
17	281	329
18	147	462
19	107	374
20	70	166
21	181	269
22	84	229
23	363	244
24	68	150
25	35	174
26	42	110
27	52	182
28	79	108
29	156	283

Gruppe 2 Zentral-
vestibulär

Nr.	ap	lat.
1	130	184
2	230	207
3	136	175
4	47	77
5	194	145
6	150	138
7	156	191
8	23	47
9	68	236
10	183	294
11	416	234
12	70	160
13	27	123
14	180	239
15	123	187
16	54	113
17	73	104
18	224	347
19	288	422
20	164	316
21	114	179
22	176	199
23	116	132
24	48	153
25	214	248
26	270	703
27	164	206

Gruppe 3 Cervikal

Nr.	ap	lat.
1	375	93
2	141	140
3	170	132
4	128	201
5	250	156
6	125	117
7	25	103
8	91	134
9	88	127
10	121	145
11	122	292
12	76	124
13	40	126
14	144	152

a) Patienten (prozentuale Relativwerte)

	ap	lat.
V	3,40	4,03
E	20,02	23,74
%	100	100

b) Zugehörige Normalmittelwerte Gesunder

Tab. VI Schwankungsepurlänge nach Augenschluß auf warmer Standfläche

Gruppe 1 Peripher- vestibulär			Gruppe 2 Zentral- vestibulär			Gruppe 3 Cervikal		
Nr.	ap	lat.	Nr.	ap	lat.	Nr.	ap	lat.
1	171	168	1	66	135	1	382	183
2	370	477	2	105	109	2	128	139
3	31	140	3	162	202	3	45	114
4	54	97	4	73	73	4	50	115
5	26	87	5	94	130	5	28	99
6	20	81	6	33	94	6	109	175
7	78	171	7	154	194	7	18	68
8	40	176	8	19	51	8	11	79
9	68	132	9	58	128	9	68	155
10	58	155	10	20	70	10	36	92
11	44	142	11	79	122	11	79	191
12	99	178	12	155	154	12	10	75
13	114	190	13	10	87	13	30	106
14	103	168	14	48	138	14	32	105
15	29	120	15	35	139			
16	124	172	16	24	83			
17	47	166	17	40	107			
18	68	223	18	351	312			
19	190	167	19	149	208			
20	30	132	20	39	143			
21	52	146	21	31	89			
22	28	84	22	32	122			
23	101	181	23	31	101			
24	24	139	24	38	145			
25	33	144	25	51	135			
26	35	96	26	218	570			
27	37	116	27	35	160			
28	34	90						
29	33	104						

a) Patienten (prozentuale Relativwerte)

	ap	lat.
V	2,22	2,59
E	13,05	15,24
%	100	100

b) Zugehörige Normalmittelwerte Gesunder

Tab. VII Schwankungsspurlänge bei Fixation auf kalter Standfläche

Gruppe 1 Peripher- vestibulär			Gruppe 2 Zentral- vestibulär			Gruppe 3 Cervikal		
Nr.	ap	lat.	Nr.	ap	lat.	Nr.	ap	lat.
1	147	126	1	144	159	1	231	110
2	474	435	2	117	109	2	49	118
3	48	160	3	171	162	3	36	149
4	55	151	4	98	61	4	81	195
5	50	118	5	161	152	5	88	146
6	81	122	6	113	93	6	84	149
7	321	138	7	155	222	7	21	80
8	48	228	8	38	56	8	39	101
9	58	126	9	81	217	9	90	135
10	67	152	10	168	188	10	120	161
11	106	198	11	345	219	11	197	243
12	164	267	12	158	225	12	66	119
13	166	312	13	27	98	13	31	132
14	118	202	14	149	257	14	114	144
15	112	179	15	47	190			
16	79	219	16	59	92			
17	143	350	17	68	131			
18	117	333	18	257	406			
19	218	315	19	394	324			
20	73	205	20	128	239			
21	152	187	21	108	138			
22	134	191	22	135	189			
23	176	229	23	100	164			
24	64	169	24	85	168			
25	72	151	25	190	254			
26	111	110	26	277	775			
27	88	144	27	147	216			
28	73	90						
29	100	186						

a) Patienten (prozentuale Relativwerte)

	ap	lat.
V	3,40	4,03
E	20,02	23,74
%	100	100

b) Zugehörige Normalmittelwerte Gesunder

Tab. VIII Schwankungsspurlänge nach Augenschluß auf kalter Standfläche

Gruppe 1 Peripher- vestibulär			Gruppe 2 Zentral- vestibulär			Gruppe 3 Cervikal		
Nr.	ap	lat.	Nr.	ap	lat.	Nr.	ap	lat.
1	+ 8,08	+ 0,75	1	- 7,25	- 0,28	1	+ 1,34	- 7,58
2	-18,39	+ 3,17	2	- 5,46	+ 3,05	2	- 4,97	+10,35
3	+ 0,80	+11,75	3	- 4,66	- 4,83	3	- 8,70	- 2,14
4	- 0,07	+ 1,51	4	- 2,30	-14,06	4	+ 8,50	+ 9,86
5	-15,91	+ 1,08	5	+ 1,84	- 6,64	5	-14,02	+14,55
6	-11,03	- 0,90	6	- 9,32	+ 4,51	6	+ 2,53	- 8,57
7	-13,36	-19,16	7	- 9,35	+ 7,33	7	- 1,93	- 5,60
8	+ 4,34	- 3,05	8	- 1,82	- 0,66	8	-15,10	- 2,22
9	- 2,46	+ 0,38	9	+36,43	- 9,83	9	+ 0,54	- 0,96
10	- 2,47	- 9,46	10	-13,29	- 9,06	10	- 0,87	- 8,44
11	- 7,14	-14,60	11	+ 4,81	- 6,69	11	- 3,41	+ 6,45
12	+ 7,41	- 4,86	12	-19,11	-14,25	12	- 2,84	- 0,91
13	+16,84	+14,01	13	- 2,07	+ 3,27	13	- 2,01	- 7,23
14	- 7,68	- 5,13	14	+ 6,78	+ 5,79	14	- 3,70	-11,38
15	+ 5,54	+ 2,14	15	- 8,39	- 7,88			
16	- 8,11	+ 8,29	16	- 7,19	- 0,70			
17	- 8,66	+ 2,02	17	- 7,01	- 7,32			
18	- 1,53	+ 7,32	18	-39,24	+88,68			
19	- 0,66	- 7,49	19	+ 0,59	- 1,22			
20	-12,86	-13,01	20	- 1,41	+ 4,96			
21	- 6,05	- 2,14	21	+ 2,19	+14,23			
22	+25,96	+ 2,80	22	- 8,20	- 6,80			
23	- 1,47	- 5,66	23	- 2,96	+ 9,02			
24	- 1,81	- 1,31	24	+17,06	+15,55			
25	- 3,92	- 0,51	25	-15,02	+ 4,24			
26	- 2,59	+ 6,49	26	+ 6,32	-13,75			
27	- 8,25	+ 8,83	27	-18,47	+ 7,17			
28	-20,91	- 8,99						
29	+ 5,16	+ 0,60						

a) Patienten (prozentuale Relativwerte)

	vor	rück	lat.
V	1,42	0,42	0,84
E	8,4	2,5	5,0
%	100	100	100

b) Maximalkraftschwerpunktsverlagerung Gesunder

Tab. IX Kraftschwerpunktsverlagerung bei Augenschluß auf warmer Standfläche

Gruppe 1 Peripher-
vestibulär

Nr.	ap	lat.
1	+ 3,21	- 4,29
2	- 0,42	-23,57
3	- 8,48	+ 1,70
4	- 4,89	+19,53
5	-21,37	+ 2,69
6	- 2,98	- 6,07
7	-23,24	- 5,63
8	- 8,40	- 2,02
9	-16,80	+11,45
10	+11,05	+ 9,34
11	- 3,51	+ 3,02
12	+ 7,05	+ 2,56
13	+ 6,61	+ 3,39
14	-12,47	+ 6,24
15	- 5,37	- 0,11
16	- 7,54	+10,75
17	-15,31	+ 4,24
18	- 0,83	- 0,72
19	- 4,60	+ 2,12
20	- 6,53	- 1,06
21	- 5,55	- 4,75
22	+20,71	- 8,73
23	-17,62	+ 0,71
24	- 3,98	- 6,25
25	-13,20	- 1,50
26	- 4,56	+ 2,59
27	-13,87	+15,91
28	-29,44	- 0,87
29	+ 3,12	- 3,59

Gruppe 2 Zentral-
vestibulär

Nr.	ap	lat.
1	- 8,67	- 4,94
2	- 3,09	+ 0,17
3	-10,94	-13,90
4	-21,13	-10,48
5	- 0,90	+ 0,41
6	- 7,17	+ 4,34
7	- 7,60	+ 6,94
8	+ 0,40	- 1,55
9	+30,00	- 3,54
10	- 3,46	- 4,08
11	-10,56	- 4,33
12	-20,42	- 2,06
13	-11,87	+ 3,29
14	+ 3,95	+ 3,79
15	- 8,27	+ 0,72
16	- 4,55	- 7,25
17	- 9,20	+ 0,91
18	+ 8,95	+26,83
19	-10,41	-13,20
20	+ 8,08	- 2,75
21	- 7,01	+ 1,26
22	- 4,71	-10,90
23	-10,27	+ 3,25
24	+ 0,76	+ 2,39
25	- 8,95	+ 2,45
26	+ 5,46	-15,58
27	-10,99	+ 6,68

Gruppe 3 Cervikal

Nr.	ap	lat.
1	- 5,34	+ 6,48
2	- 5,40	+ 4,34
3	+ 0,36	+ 5,40
4	+11,25	+ 6,49
5	-16,54	+ 6,34
6	+ 7,98	-16,05
7	- 1,30	- 0,62
8	- 9,25	- 2,81
9	-10,63	+ 2,52
10	- 5,66	- 2,06
11	- 4,17	- 1,81
12	-12,54	- 2,30
13	+ 0,62	+11,20
14	- 5,47	+ 8,32

a) Patienten (prozentuale Relativwerte)

	vor	rück	lat.
V	1,42	0,42	0,84
E	8,4	2,5	5,0
%	100	100	100

b) Maximalkraftschwerpunktsverlagerung Gesunder

Tab. X Kraftschwerpunktsverlagerung bei Augenschluß auf kalter
Standfläche

Herrn Prof. Dr. H. H. Naumann danke ich für die Überlassung des Arbeitsplatzes an seiner Klinik, sowie für die Überlassung der Patienten seiner Klinik.

Herrn Prof. Dr. H. Scherer danke ich für die Überlassung des Themas, für seine Beratung und freundliche Unterstützung bei der Durchführung der Untersuchung, sowie für seine stete Bereitschaft zur Diskussion und Hilfe bei Ausarbeitung und Fertigstellung der vorliegenden Arbeit.

Herrn Dr. S. Holtmann danke ich für seine Bereitschaft zur Diskussion grundsätzlicher Gesichtspunkte der Thematik.

Frau A. Mass und Frau Marx danke ich für ihre freundliche und tatkräftige Unterstützung bei der Bewältigung verwaltungs- und arbeitstechnischer Probleme.

LEBENS LAUF

Am 7. November 1959 wurde ich, Wolfram Dieter Decker, als erster Sohn des Bankangestellten Günter Decker und der Versicherungsangestellten Helga Decker in München geboren.

Von September 1966 bis Juli 1970 besuchte ich die Grundschule an der Alfreustraße in München. Im September 1970 wechselte ich an das Rupprecht-Gymnasium in München, wo ich im Juni 1979 die Abiturprüfung ablegte.

Im November 1979 immatrikulierte ich mich an der Ludwig-Maximilians-Universität in München für das Studium der Humanmedizin. Im August 1981 legte ich die Ärztliche Vorprüfung, im August 1982 den ersten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung ab.

Im Januar 1983 begann ich an der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten der Universität mit der Arbeit an meiner Dissertation. Im August 1984 legte ich den zweiten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung ab.

Anschließend war ich während des Praktischen Jahres an der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten der Universität, der I. Medizinischen Klinik am Zentralklinikum Augsburg, sowie der Chirurgischen Klinik des Städtischen Krankenhauses München-Neuperlach tätig.

Am 30. Oktober 1985 legte ich den schriftlichen, am 18. November 1985 den mündlichen Teil des dritten Abschnittes der Ärztlichen Prüfung ab.

